00057371

BOMBAY BRANCH
OF THE
ROYAL ASIATIC SOCIETY.
TOWN HALL, BOMBAY.

Digitized with financial assistance from
Observer Research Foundation
on 17 May, 2019

George Louis le Clerc, Comte de Buffon,
Intendant du Jardin du Roy, et des Académies Françse
et des Sciences. et de celles de Londres d'Edimbourg et de Berlin.

Drouais Pinxit 1761. C. Baron Sculp. [illegible]

0
S49
Buf/His
57371
00057371

HISTOIRE NATURELLE,

GÉNÉRALE ET PARTICULIÈRE,

Servant de suite à la Théorie de la Terre, & d'introduction à l'histoire des Minéraux.

Par M. le Comte DE BUFFON, *Intendant du Jardin du Roi, de l'Académie Françoise, de celle des Sciences, &c.*

SUPPLÉMENT, Tome Premier.

7X c.1

A PARIS,

DE L'IMPRIMERIE ROYALE.

M. DCCLXXIV.

549
Buf / His
57371

TABLE

De ce qui est contenu dans ce Volume.

DES ÉLÉMENS.

PREMIÈRE PARTIE. *De la Lumière, de la Chaleur & du Feu* .... Page 1

SECONDE PARTIE. *De l'Air, de l'Eau & de la Terre.* 79

RÉFLEXIONS sur la Loi de l'Attraction 126

PARTIE EXPÉRIMENTALE 143

PREMIER MÉMOIRE. *Expériences sur le progrès de la chaleur dans les corps* 145

SECOND MÉMOIRE. *Suite des expériences sur le progrès de la chaleur dans les différentes substances minérales* 173

TABLE des rapports du refroidissement des différentes substances minérales 279

TROISIÈME MÉMOIRE. *Observations sur la nature de la platine* 301

QUATRIÈME MÉMOIRE. *Expériences sur la ténacité & sur la décomposition du Fer* 349

CINQUIÈME MÉMOIRE. *Expériences sur les effets de la chaleur obscure* 369

SIXIÈME MÉMOIRE. *Expériences sur la Lumière, & sur la chaleur qu'elle peut produire*. 399

ARTICLE I.er *Invention des Miroirs pour brûler à de grandes distances*. . . . . ibid.

ARTICLE II. *Réflexions sur le jugement de Descartes, au sujet des miroirs d'Archimède, &c.* 426

ARTICLE III. *Invention d'autres Miroirs pour brûler à de moindres distances*. 483

Explication des Figures qui représentent le fourneau, &c.. 505

SEPTIÈME MÉMOIRE. *Observations sur les couleurs accidentelles, & sur les ombres colorées*. . . . 517

TABLE des Matières. . . . . page j & *suiv.*

HISTOIRE

de Seve inv.

HISTOIRE NATURELLE.

INTRODUCTION À L'HISTOIRE DES MINÉRAUX.

DES ÉLÉMENS.

PREMIÈRE PARTIE.

De la LUMIÈRE, *de la* CHALEUR *&* *du* FEU.

LES puiſſances de la Nature, autant qu'elles nous ſont connues, peuvent ſe réduire à deux forces primitives, celle qui cauſe la peſanteur, & celle qui produit la chaleur.

La force d'impulsion leur est subordonnée, elle dépend de la première pour ses effets particuliers, & tient à la seconde pour l'effet général; comme l'impulsion ne peut s'exercer qu'au moyen du ressort, & que le ressort n'agit qu'en vertu de la force qui rapproche les parties éloignées; il est clair que l'impulsion a besoin, pour opérer, du concours de l'attraction; car si la matière cessoit de s'attirer, si les corps perdoient leur cohérence, tout ressort ne seroit-il pas détruit, toute communication de mouvement interceptée, toute impulsion *nulle! puisque*, dans le fait *(a)*, le mouvement ne se communique & ne peut se transmettre d'un corps à un autre que par l'élasticité; qu'enfin on peut *démontrer qu'un corps parfaitement dur*, *c'est-à-dire absolument inflexible*, seroit en même temps absolument immobile & tout-à-fait incapable de recevoir l'action d'un autre corps *(b)*. L'attraction étant un effet

(a) Pour une plus grande intelligence, je prie mes Lecteurs de revoir la seconde partie de l'article de cet ouvrage qui a pour titre : *De la Nature, seconde vue.*

(b) La communication du mouvement a toujours été regardée comme une vérité d'expérience, les plus grands Mathématiciens se sont contentés d'en calculer les résultats dans les différentes circonstances, & nous ont donné sur cela des règles & des formules, où ils ont employé beaucoup d'art; mais personne, ce me semble, n'a jusqu'ici *considéré* la nature *intime du mouvement*, & n'a tâché de se représenter & de présenter aux autres la manière physique dont le mouvement se transmet & passe d'un corps à un autre corps. On a prétendu que les corps durs pouvoient le recevoir comme les corps à ressort, & sur cette hypothèse dénuée de preuves, on a fondé des propositions & des

général, constant & permanent, l'impulsion qui, dans la plupart des corps est particulière, & n'est ni constante ni

calculs dont on a tiré une infinité de fausses conséquences. Car les corps supposés durs & parfaitement inflexibles, ne pourroient recevoir le mouvement. Pour le prouver, soit un globe parfaitement dur, c'est-à-dire inflexible dans toutes ses parties, chacune de ces parties ne pourra par conséquent être rapprochée ou éloignée de la partie voisine, sans quoi cela seroit contre la supposition; *donc dans un globe parfaitement dur, les parties ne peuvent recevoir aucun déplacement, aucun changement, aucune action, car si elles recevoient une action elles auroient une réaction, les corps ne pouvant réagir qu'en agissant. Puis donc que toutes les parties prises séparément, ne peuvent recevoir aucune action, elles ne peuvent en communiquer; la partie postérieure qui est frappée la première, ne pourra pas communiquer le mouvement à la partie antérieure, puisque cette partie postérieure qui a été supposée inflexible, ne peut pas changer eu égard aux autres parties; donc il seroit impossible de communiquer aucun mouvement à un corps inflexible.* Mais l'expérience nous apprend, qu'on communique le mouvement à tous les corps; donc tous les corps sont à ressort, donc il n'y a point de corps parfaitement durs & inflexibles dans la Nature. Un de mes amis, (M. Gueneau de Montbeillard) homme d'un excellent esprit, m'a écrit à ce sujet dans les termes suivans. « De la supposition de l'immobilité absolue des corps « absolument durs, il suit qu'il « ne faudroit peut-être qu'un pied « cube de cette matière pour arrê- « ter tout le mouvement de l'Uni- « vers connu: & si cette immo- « bilité absolue étoit prouvée, il » semble que ce n'est point assez « de dire, qu'il n'existe point de « ces corps dans la Nature, & « qu'on peut les traiter d'impos- « sibles, & dire que la supposition « de leur existence est absurde; « car le mouvement provenant du « ressort leur ayant été refusé, ils « ne peuvent dès-lors être capa- « bles du mouvement provenant « de l'attraction, qui est par l'hy- « pothèse la cause du ressort. »

permanente, en dépend donc comme un effet particulier dépend d'un effet général; car au contraire, si toute impulsion étoit détruite, l'attraction subsisteroit & n'en agiroit pas moins, tandis que celle-ci venant à cesser, l'autre seroit non-seulement sans exercice, mais même sans existence; c'est donc cette différence essentielle qui subordonne l'impulsion à l'attraction dans toute matière brute & purement passive.

Mais cette impulsion qui ne peut ni s'exercer ni se transmettre dans les corps bruts qu'au moyen du ressort, c'est-à-dire du secours de la force d'attraction, dépend encore plus immédiatement, plus généralement de la force qui produit la chaleur, car c'est principalement par le moyen de la chaleur que l'impulsion pénètre dans les corps organisés, c'est par la chaleur qu'ils se forment, croissent & se développent. On peut rapporter à l'attraction seule tous les effets de la matière brute, & à cette même force d'attraction jointe à celle de la chaleur, tous les phénomènes de la matière vive.

J'entends par matière vive, non-seulement tous *les êtres qui vivent ou végètent, mais encore toutes les molécules* organiques vivantes, *dispersées* & répandues dans les détrimens ou résidus des corps *organisés*; je comprends encore dans la matière vive, celle de la lumière, du feu, de la chaleur, en un mot toute matière qui nous paroît être active par elle-même. Or cette matière vive tend toujours du centre à la circonférence, au lieu que la matière brute tend au contraire de la circonférence au

centre; c'eſt une force expanſive qui anime la matière vive, & c'eſt une force attractive à laquelle obéit la matière brute: quoique les directions de ces deux forces ſoient diamétralement oppoſées, l'action de chacune ne s'en exerce pas moins; elles ſe balancent ſans jamais ſe détruire, & de la combinaiſon de ces deux forces également actives réſultent tous les phénomènes de l'Univers.

Mais, dira-t-on, vous réduiſez toutes les puiſſances de la Nature à deux forces, l'une attractive & l'autre expanſive, ſans donner la cauſe ni de l'une ni de l'autre, & vous ſurbordonnez à toutes deux l'impulſion qui eſt la ſeule force dont la cauſe nous ſoit connue & démontrée par le rapport de nos ſens; *n'eſt-ce pas abandonner une idée claire, & y ſubſtituer deux hypothèſes obſcures!*

A cela je réponds, que ne connoiſſant rien que par comparaiſon, nous n'aurons jamais d'idée de ce qui produit un effet général, parce que cet effet appartenant à tout, on ne peut dès-lors le comparer à rien. Demander quelle eſt la cauſe de la force attractive, c'eſt exiger qu'on nous diſe la raiſon pourquoi toute la matière s'attire. Or ne nous ſuffit-il pas de ſavoir que réellement toute la matière s'attire, & n'eſt-il pas aiſé d concevoir que cet effet étant général, nous n'avons nul moyen de le comparer, & par conſéquent nulle eſpérance d'en connoître jamais la cauſe ou la raiſon. Si l'effet, au contraire, étoit particulier comme celui de l'attraction de l'aimant & du fer, on doit eſpérer d'en trouver la cauſe, parce qu'on peut le comparer à d'autres effets particuliers, ou le ramener à l'effet général. Ceux

qui exigent qu'on leur donne la raiſon d'un effet général, ne connoiſſent ni l'étendue de la Nature ni les limites de l'eſprit humain : demander pourquoi la matière eſt étendue, peſante, impénétrable, ſont moins des queſtions que des propos mal conçus, & auxquels on ne doit aucune réponſe. Il en eſt de même de toute propriété particulière lorſqu'elle eſt eſſentielle à la choſe : demander, par exemple, pourquoi le rouge eſt rouge, ſeroit une interrogation puérile, à laquelle on ne doit pas répondre. Le Philoſophe eſt tout près de l'enfant lorſqu'il fait de ſemblables demandes ; & autant on peut les pardonner à la curioſité non-réfléchie du dernier, autant le premier doit les rejeter & les exclure de ſes idées.

Puis donc que la force d'attraction & la force d'expanſion ſont deux effets généraux, on ne doit pas nous en demander les cauſes ; il ſuffit qu'ils ſoient généraux & tous deux réels, tous deux bien conſtatés, pour que nous devions les prendre eux-mêmes pour cauſes des effets particuliers ; & l'impulſion eſt un de ces effets qu'on ne doit pas regarder comme une cauſe générale connue ou démontrée par le rapport de nos ſens, puiſque nous avons prouvé que cette force d'impulſion ne peut exiſter ni agir, qu'au moyen de l'attraction qui ne tombe point ſous nos ſens. Rien n'eſt plus évident, diſent certains Philoſophes, que la communication du mouvement par l'impulſion, il ſuffit qu'un corps en choque un autre pour que cet effet ſuive ; mais dans ce ſens même la cauſe de l'attraction n'eſt-elle pas encore plus évidente & bien

plus générale, puiſqu'il ſuffit d'abandonner un corps pour qu'il tombe & prenne du mouvement ſans choc ! le mouvement appartient donc, dans tous les cas, encore plus à l'attraction qu'à l'impulſion.

Cette première réduction étant faite, il ſeroit peut-être poſſible d'en faire une ſeconde, & de ramener la puiſſance même de l'expanſion à celle de l'attraction, en ſorte que toutes les forces de la matière dépendroient d'une ſeule force primitive : du moins cette idée me paroîtroit bien digne de la ſublime ſimplicité du plan ſur lequel opère la Nature. Or ne pouvons-nous pas concevoir que cette attraction ſe change en répulſion toutes les fois que les corps s'approchent d'aſſez près pour éprouver un frottement ou un choc des uns contre les autres ! L'impénétrabilité qu'on ne doit pas regarder comme une force, mais comme une réſiſtance eſſentielle à la matière, ne permettant pas que deux corps puiſſent occuper le même eſpace, que doit-il arriver lorſque deux molécules qui s'attirent d'autant plus puiſſamment qu'elles s'approchent de plus près, viennent tout-à-coup à ſe heurter ! cette *réſiſtance invincible de l'impénétrabilité* ne devient-elle pas alors une force active, ou plutôt réactive, qui, dans le contact, repouſſe les corps avec autant de vîteſſe qu'ils en avoient acquis au moment de ſe toucher ! & dès-lors la force expanſive ne ſera point une force particulière oppoſée à la force attractive, mais un effet qui en dérive, & qui ſe manifeſte toutes les fois que les corps ſe choquent ou frottent les uns contre les autres.

J'avoue qu'il faut ſuppoſer dans chaque molécule de matière, dans chaque atome quelconque, un reſſort parfait, pour concevoir clairement comment s'opère ce changement de l'attraction en répulſion; mais cela même nous eſt aſſez indiqué par les faits: plus la matière s'atténue & plus elle prend du reſſort; la terre & l'eau qui en ſont les agrégats les plus groſſiers, ont moins de reſſort que l'air; & le feu qui eſt le plus ſubtil des élémens, eſt auſſi celui qui a le plus de force expanſive: les plus petites molécules de la matière, les plus petits atomes que nous connoiſſions ſont ceux de la lumière, & l'on ſait qu'ils ſont parfaitement élaſtiques, puiſque l'angle ſous lequel la lumière ſe réfléchit eſt toujours égal à celui ſous lequel elle arrive: nous pouvons donc en inférer que toutes les parties conſtitutives de la matière en général ſont à reſſort parfait, & que ce reſſort produit tous les effets de la force expanſive, toutes les fois que les corps ſe heurtent ou ſe frottent en ſe rencontrant dans des directions oppoſées.

L'expérience me paroît parfaitement d'accord avec ces idées; nous ne connoiſſons d'autres moyens de produire du feu que par le choc ou le frottement des corps; car le feu que nous produiſons par la réunion des rayons de la lumière, ou par l'application du feu déjà produit à des matières combuſtibles, n'a-t-il pas néanmoins la même origine à laquelle il faudra toujours remonter! puiſqu'en ſuppoſant l'homme ſans miroirs ardens & ſans feu actuel, il n'aura d'autres moyens de produire le feu qu'en frottant

ou

ou choquant des corps ſolides les uns contre les autres *(c)*. La force expanſive pourroit donc bien n'être dans le réel que la réaction de la force attractive, réaction qui s'opère toutes les fois que les molécules primitives de la matière, toujours attirées les unes par les autres, arrivent à ſe toucher immédiatement; car dès-lors il eſt néceſſaire qu'elles ſoient repouſſées avec autant de vîteſſe qu'elles en avoient acquis en direction contraire au moment du contact *(d)*, & lorſque ces molécules ſont abſolument

---

(c) Le feu que produit quelquefois la fermentation des herbes entaſſées, celui qui ſe manifeſte dans les efferveſcences, ne font pas une exception qu'on puiſſe m'oppoſer, puiſque cette production du feu par la fermentation & par l'efferveſcence, dépend, comme toute autre, de l'action ou du choc des parties de la matière, les unes contre les autres.

(d) Il eſt certain, me dira-t-on, que les molécules réjailliront après le contact, parce que leur vîteſſe à ce point, & qui leur eſt rendue par le reſſort, eſt la ſomme des vîteſſes acquiſes dans tous les momens précédens, par l'effet continuel de l'attraction, & par conſéquent doit l'emporter ſur l'effort inſtantané de l'attraction dans le ſeul moment du contact: Mais ne ſera-t-elle pas continuellement retardée, & enfin détruite, lorſqu'il y aura équilibre entre la ſomme des efforts de l'attraction avant le contact, & la ſomme des efforts de l'attraction après le contact? comme cette queſtion pourroit faire naître des doutes ou laiſſer quelques nuages ſur cet objet, qui par lui-même eſt difficile à ſaiſir, je vais tâcher d'y ſatisfaire, en m'expliquant encore plus clairement. Je ſuppoſe deux molécules, ou pour rendre l'image plus ſenſible, deux groſſes maſſes de matière, telles que la Lune & la Terre, toutes deux douées d'un reſſort parfait dans toutes les parties de leur intérieur, qu'arriveroit-il à ces deux maſſes iſolées de toute autre matière, ſi tout leur mouvement progreſſif étoit tout-à-coup arrêté, & qu'il ne reſtât à chacune d'elles

libres de toute cohérence, & qu'elles n'obéissent qu'au seul mouvement produit par leur attraction, cette vîtesse acquise est immense dans le point du contact. La chaleur, la lumière, le feu qui sont les grands effets de la force expansive, seront produits toutes les fois qu'artificiellement ou naturellement les corps seront divisés en parties très-petites, & qu'ils se rencontreront dans des directions

que leur force d'attraction réciproque! Il est clair que dans cette supposition, la Lune & la Terre se précipiteroient l'une vers l'autre, avec une vîtesse qui augmenteroit à chaque moment, dans la même raison que diminueroit le carré de leur distance. Les vîtesses acquises seront donc immenses au point de contact, ou, si l'on veut, au moment de leur choc, & dès-lors ces deux corps que nous avons supposés à ressort parfait & libres de tous autres empêchemens, c'est-à-dire, entièrement isolés, réjailliront chacun, & s'éloigneront l'un de l'autre dans la direction opposée, & avec la même vîtesse qu'ils avoient acquise au point du contact : vîtesse, qui quoique diminuée continuellement par leur attraction réciproque, ne laisseroit pas de les porter d'abord au même lieu d'où ils sont partis, mais encore *infiniment plus loin, parce que la retardation du mouvement est ici* en ordre inverse de celui de l'accélération, & que la vîtesse acquise au point *du choc* étant immense, les efforts de l'attraction ne pourront la réduire à zéro qu'à une distance dont le carré seroit également immense; en sorte que si le contact étoit absolu, & que la distance des deux corps qui se choquent, fût absolument nulle, ils s'éloigneroient l'un de l'autre *jusqu'à une distance infinie ; & c'est* à peu-près ce que nous voyons arriver à la lumière & au feu, dans le moment de l'inflammation des matières combustibles ; car dans l'instant même, elles lancent leur lumière à une très-grande distance, quoique les particules qui se sont converties en lumière, fussent auparavant très-voisines les unes des autres.

opposées; & la chaleur sera d'autant plus sensible, la lumière d'autant plus vive, le feu d'autant plus violent que les molécules se seront précipitées les unes contre les autres, avec plus de vîtesse par leur force d'attraction mutuelle.

De-là on doit conclure que toute matière peut devenir lumière, chaleur, feu; qu'il suffit que les molécules d'une substance quelconque se trouvent dans une situation de liberté, c'est-à-dire, dans un état de division assez grande & de séparation telle qu'elles puissent obéir sans obstacle à toute la force qui les attire les unes vers les autres; car dès qu'elles se rencontreront, elles réagiront les unes contre les autres, & se fuiront en s'éloignant avec autant de vîtesse qu'elles en avoient acquis au moment du contact, qu'on doit regarder comme un vrai choc; puisque deux molécules qui s'attirent mutuellement, ne peuvent se rencontrer qu'en direction contraire. Ainsi la lumière, la chaleur & le feu ne sont pas des matières particulières, des matières différentes de toute autre matière; ce n'est toujours que la même matière qui n'a subi d'autre altération, d'autre modification, qu'une grande division de parties, & une direction de mouvement en sens contraire par l'effet du choc & de la réaction.

Ce qui prouve assez évidemment que cette matière du feu & de la lumière, n'est pas une substance différente de toute autre matière, c'est qu'elle conserve toutes les qualités essentielles, & même la plupart des attributs de la matière commune; 1.° la lumière, quoique composée

de particules preſque infiniment petites, eſt néanmoins encore diviſible, puiſqu'avec le priſme on ſépare les uns des autres les rayons, ou, pour parler plus clairement, les atomes différemment colorés; 2.° la lumière, quoique douée en apparence d'une qualité toute oppoſée à celle de la peſanteur, c'eſt-à-dire, d'une volatilité qu'on croiroit lui être eſſentielle, eſt néanmoins peſante comme toute autre matière, puiſqu'elle fléchit toutes les fois qu'elle paſſe auprès des autres corps, & qu'elle ſe trouve à portée de leur ſphère d'attraction; je dois même dire qu'elle eſt fort peſante, relativement à ſon volume qui eſt d'une petiteſſe extrême, puiſque la vîteſſe immenſe avec laquelle la lumière ſe meut en ligne *directe*, ne l'empêche pas d'éprouver aſſez d'attraction près des autres corps, pour que ſa direction s'incline & change d'une manière très-ſenſible à nos yeux; 3.° la ſubſtance de la lumière n'eſt pas plus ſimple que celle de toute autre matière, puiſqu'elle eſt compoſée de parties d'inégale peſanteur, que le rayon rouge eſt beaucoup plus peſant que le rayon violet, & qu'entre ces deux extrêmes elle contient une infinité de rayons intermédiaires, qui approchent plus ou moins de la peſanteur du rayon rouge ou de la légèreté du rayon violet: toutes ces conſéquences dérivent néceſſairement des phénomènes de l'inflexion de la lumière & de ſa réfraction *(e)*, qui, dans le réel, n'eſt qu'une inflexion

(e) L'attraction univerſelle agit ſur la lumière; il ne faut pour s'en convaincre, qu'examiner les cas extrêmes de la réfraction: lorſqu'un rayon de lumière paſſe à travers un criſtal, ſous un certain angle

qui s'opère lorsque la lumière passe à travers les corps transparens; 4.° on peut démontrer que la lumière est massive, & qu'elle agit, dans quelque cas, comme agissent tous les autres corps; car, indépendamment de son effet

---

d'obliquité, la direction change tout-à-coup, & au lieu de continuer sa route, il rentre dans le cristal & se réfléchit. Si la lumière passe du verre dans le vide, toute la force de cette puissance s'exerce, & le rayon est contraint de rentrer & rentre dans le verre par un effet de son attraction que rien ne balance; *si la lumière passe du cristal dans l'air*, l'attraction du cristal plus forte que celle de l'air, la ramène encore, mais avec moins de force, parce que cette attraction du verre est en partie détruite par celle de l'air qui agit en sens contraire sur le rayon de lumière; si ce rayon passe du cristal dans l'eau, l'effet est bien moins sensible, le rayon rentre à peine, parce que l'attraction du cristal est presque toute détruite par celle de l'eau, qui s'oppose à son action; enfin, si la lumière passe du cristal *dans le cristal*, comme les deux *attractions* sont égales, l'effet s'évanouit & le rayon continue sa route. D'autres expériences démontrent que cette puissance attractive, ou cette force réfringente, est toujours à très-peu près proportionnelle à la densité des matières transparentes, à l'exception des corps onctueux & sulfureux, dont la force réfringente est plus grande, parce que la lumière a plus d'analogie, plus de rapport de nature avec les matières inflammables, qu'avec les autres matières.

Mais s'il restoit quelque doute sur cette attraction de la lumière vers les corps, qu'on jette les yeux sur les inflexions que souffre un rayon, lorsqu'il passe fort près de la surface d'un corps; un trait de lumière ne peut entrer par un très-petit trou, dans une chambre obscure, sans être puissamment attiré vers les bords du trou; ce petit faisceau de rayons se divise, chaque rayon voisin de la circonférence du trou, se plie vers cette circonférence, & cette inflexion produit des franges colorées, des apparences constantes, qui sont l'effet de l'attraction de la lumière

ordinaire, qui eſt de briller à nos yeux, & de ſon action propre, toujours accompagnée d'éclat & ſouvent de chaleur, elle agit par ſa maſſe lorſqu'on la condenſe en la réuniſſant; & elle agit au point de mettre en mouvement des corps aſſez peſans placés au foyer d'un bon miroir ardent; elle fait tourner une aiguille ſur un pivot placé à ſon foyer; elle pouſſe, déplace & chaſſe les feuilles d'or ou d'argent qu'on lui préſente avant de les fondre, & même avant de les échauffer ſenſiblement. Cette action produite par ſa maſſe, eſt la première & précède celle de la chaleur; elle s'opère entre la lumière condenſée & les feuilles de métal, de la même façon qu'elle s'opère entre deux autres corps qui deviennent contigus; & par conſéquent la lumière a encore cette propriété commune avec toute autre matière; 5.° enfin on ſera forcé de convenir que la lumière eſt un mixte, c'eſt-à-dire, une matière compoſée comme la matière commune, non-ſeulement de parties plus groſſes & plus petites, plus ou moins peſantes, plus ou moins mobiles, mais encore différemment figurées; quiconque aura réfléchi ſur les phénomènes que Newton appelle *les accès de facile réflexion & de facile tranſmiſſion de la lumière*, & ſur les effets de la double réfraction du criſtal de roche, & du ſpath appelé criſtal

vers les corps voiſins; il en eſt de même des rayons qui paſſent entre deux lames de couteaux, les uns ſe plient vers la lame ſupérieure, les autres vers la lame inférieure; il n'y a que ceux du milieu qui ſouffrant une égale attraction des deux côtés, ne ſont pas détournés, & ſuivent leur direction.

d'Islande, ne pourra s'empêcher de reconnoître que les atomes de la lumière ont plusieurs côtés, plusieurs faces différentes, qui, selon qu'elles se présentent, produisent constamment des effets différens *(f)*.

En voilà plus qu'il n'en faut pour démontrer que la lumière n'est pas une matière particulière ni différente de la matière commune, que son essence est la même, ses propriétés essentielles les mêmes; qu'enfin elle n'en diffère que parce qu'elle a subi dans le point du contact *la répulsion* d'où provient sa volatilité. Et de la même manière que l'effet de la force d'attraction s'étend à l'infini, toujours en décroissant comme l'espace augmente, les effets de la répulsion s'étendent & décroissent de même, mais en ordre inverse; en sorte que l'on peut appliquer à la force expansive tout ce que l'on sait de la force attractive; ce sont pour la Nature deux instrumens de même espèce, ou plutôt ce n'est que le même instrument qu'elle manie dans deux sens opposés.

Toute matière deviendra lumière, dès que toute cohérence étant détruite, elle se trouvera divisée en molécules

(f) Chaque rayon de lumière a deux côtés opposés, doués originairement d'une propriété d'où dépend la réfraction extraordinaire du cristal, & deux autres côtés opposés qui n'ont pas cette propriété, *Optique* de Newton, *Question* XXVI, *traduction* de Coste.

Nota. Cette propriété dont parle ici Newton ne peut dépendre que de l'étendue ou de la figure de chacun des côtés des rayons, c'est-à-dire, des atomes de lumière. *Voyez cet article en entier dans Newton.*

ſuffiſamment petites, & que ces molécules étant en liberté, ſeront déterminées par leur attraction mutuelle à ſe précipiter les unes contre les autres; dans l'inſtant du choc la force répulſive s'exercera, les molécules ſe fuiront en tout ſens avec une vîteſſe preſqu'infinie, laquelle néanmoins n'eſt qu'égale à leur vîteſſe acquiſe au moment du contact: car la loi de l'attraction étant d'augmenter comme l'eſpace diminue, il eſt évident qu'au contact l'eſpace toujours proportionnel au carré de la diſtance devient *nul*, & que par conſéquent la vîteſſe acquiſe *en vertu de l'attraction*, doit à ce point devenir preſque infinie; cette vîteſſe ſeroit même infinie ſi le contact étoit immédiat, & par conſéquent la diſtance entre les *deux corps abſolument* nulle; mais, comme nous l'avons ſouvent répété, il n'y a rien d'abſolu, rien de parfait dans la Nature, & de même rien d'abſolument grand, rien d'abſolument petit, rien d'entièrement nul, rien de vraiment infini, & tout ce que j'ai dit de la petiteſſe *infinie* des atomes qui conſtituent la lumière, de leur reſſort *parfait*, de la diſtance *nulle* dans le moment du contact ne doit s'entendre qu'avec *reſtriction:* Si l'on pouvoit douter de cette vérité métaphyſique, il ſeroit poſſible d'en donner une démonſtration *phyſique*, ſans même nous écarter de notre ſujet. Tout le monde ſait que la lumière emploie environ ſept minutes & demie de temps à venir du ſoleil juſqu'à nous; ſuppoſant donc le ſoleil à trente-ſix millions de lieues, la lumière parcourt cette énorme diſtance en ſept minutes & demie, ou ce qui revient au même (ſuppoſant ſon mouvement uniforme),

quatre-vingts

quatre-vingts mille lieues en une ſeconde; cette vîteſſe, quoique prodigieuſe, eſt néanmoins bien éloignée d'être infinie, puiſqu'elle eſt déterminable par les nombres; elle ceſſera même de paroître prodigieuſe lorſqu'on réfléchira que la Nature ſemble marcher en grand, preſque auſſi vîte qu'en petit; il ne faut pour cela que ſupputer la célérité du mouvement des comètes à leur périhélie, ou même celle des planètes qui ſe meuvent le plus rapidement, & l'on verra que la vîteſſe de ces maſſes immenſes, quoique moindre, ſe peut néanmoins comparer d'aſſez près avec celle de nos atomes de lumière.

Et de même que toute matière peut ſe convertir en lumière par la *diviſion & la répulſion* de ſes parties exceſſivement diviſées, lorſqu'elles éprouvent un choc des unes contre les autres; la lumière peut auſſi ſe convertir en toute autre matière par l'addition de ſes propres parties, accumulées par l'attraction des autres corps. Nous verrons dans la ſuite que tous les élémens ſont convertibles; & ſi l'on a douté que la lumière, qui paroît être l'élément le plus ſimple, pût ſe convertir en ſubſtance ſolide, c'eſt que d'une part, on n'a pas fait aſſez d'attention à tous les phénomènes, & que d'autre part on étoit dans le préjugé, qu'étant eſſentiellement volatile, elle ne pouvoit jamais devenir fixe. Mais n'avons-nous pas prouvé que la *fixité & la volatilité* dépendent de la même force attractive dans le premier cas, devenue répulſive dans le ſecond! & dès-lors ne ſommes-nous pas fondés à croire que ce changement de la matière fixe en lumière, & de la lumière en

matière fixe, eſt une des plus fréquentes opérations de la Nature !

Après avoir montré que l'impulſion dépend de l'attraction, que la force expanſive eſt la même que la force attractive devenue négative; que la lumière, & à plus forte raiſon la chaleur & le feu ne ſont que des manières d'être de la matière commune; qu'il n'exiſte en un mot qu'une ſeule force & une ſeule matière toujours prête à s'attirer ou à ſe repouſſer ſuivant les circonſtances : Recherchons comment avec ce ſeul reſſort & ce ſeul ſujet, la Nature peut varier ſes œuvres à l'infini. Nous mettrons de la méthode dans cette recherche, & nous en préſenterons les réſultats avec plus de clarté, en nous abſtenant de comparer d'abord les objets les plus éloignés, les plus oppoſés, comme le feu & l'eau, l'air & la terre, & en nous conduiſant au contraire par les mêmes degrés, par les mêmes nuances douces que ſuit la Nature dans toutes ſes démarches. Comparons donc les choſes les plus voiſines, & tâchons d'en ſaiſir les différences, c'eſt-à-dire, les particularités, & de les préſenter avec encore plus d'évidence que leurs généralités. Dans le point de vue général, la lumière, la chaleur & le feu ne font qu'un ſeul objet, mais dans le point de vue particulier, ce ſont trois objets diſtincts, trois choſes qui, quoique ſe reſſemblant par un grand nombre de propriétés, diffèrent néanmoins par un petit nombre d'autres propriétés aſſez eſſentielles, pour qu'on puiſſe les regarder comme trois choſes différentes, & qu'on doive les comparer une à une.

Quelles ſont d'abord les propriétés communes de la lumière & du feu, quelles ſont auſſi leurs propriétés différentes? La lumière, dit-on, & le feu élémentaire ne ſont qu'une même choſe, une ſeule ſubſtance: cela peut être, mais comme nous n'avons pas encore d'idée nette du feu élémentaire, abſtenons-nous de prononcer ſur ce premier point. La lumière & le feu, tel que nous les connoiſſons, ne ſont-ils pas au contraire deux choſes différentes, deux ſubſtances diſtinctes & compoſées différemment? le feu eſt à la vérité très-ſouvent lumineux, mais quelquefois auſſi le feu exiſte ſans aucune apparence de lumière; le feu, ſoit lumineux, ſoit obſcur, n'exiſte jamais ſans une *grande chaleur*, tandis que la lumière *brille* ſouvent avec éclat ſans la moindre chaleur ſenſible. La lumière paroît être l'ouvrage de la Nature, le feu n'eſt que le produit de l'induſtrie de l'homme: la lumière ſubſiſte, pour ainſi dire, par elle-même, & ſe trouve répandue dans les eſpaces immenſes de l'Univers entier: le feu ne peut ſubſiſter qu'avec des alimens, & ne ſe trouve qu'en quelques points de l'eſpace où l'homme le conſerve, & dans quelques endroits de la profondeur de la terre, où il ſe trouve également entretenu par des alimens convenables. La lumière, à la vérité, lorſqu'elle eſt condenſée, réunie par l'art de l'homme, peut produire du feu; mais ce *n'eſt qu'autant qu'elle tombe ſur des matières combuſtibles. La lumière* n'eſt donc tout au plus, & dans ce ſeul cas, que *le principe du feu, & non pas le feu; ce principe même n'eſt pas immédiat, il en ſuppoſe un*

intermédiaire, & c'eſt celui de la chaleur qui paroît tenir encore de plus près que la lumière à l'eſſence du feu. Or, la chaleur exiſte tout auſſi ſouvent ſans lumière que la lumière exiſte ſans chaleur; ces deux principes ne paroiſſent donc pas néceſſairement liés enſemble; leurs effets ne ſont ni ſimultanés ni contemporains, puiſque dans de certaines circonſtances on ſent de la chaleur long-temps avant que la lumière paroiſſe, & que dans d'autres circonſtances on voit de la lumière long-temps avant de ſentir de la chaleur, & même ſans en ſentir aucune.

Dès-lors la chaleur n'eſt-elle pas une autre manière d'être, une modification de la matière, qui diffère à la vérité moins que toute autre de celle de la lumière, mais qu'on peut néanmoins conſidérer à part, & qu'on devroit concevoir encore plus aiſément! Car la facilité plus ou moins grande que nous avons à concevoir les opérations différentes de la Nature, dépend de celle que nous avons d'y appliquer nos ſens; lorſqu'un effet de la Nature tombe ſous deux de nos ſens, la vue & le toucher, nous croyons en avoir une pleine connoiſſance; un effet qui n'affecte que l'un ou l'autre de ces deux ſens, nous paroît plus difficile à connoître; & dans ce cas, la facilité ou la difficulté d'en juger, dépend du degré de ſupériorité qui ſe trouve entre nos ſens; la lumière que nous n'apercevons que par le ſens de la vue (ſens le plus fautif & le plus incomplet), ne devroit pas nous être auſſi-bien connue que la chaleur qui frappe le toucher, & affecte par conſéquent le plus ſûr de nos ſens. Cependant il faut avouer

qu'avec cet avantage, on a fait beaucoup moins de découvertes sur la nature de la chaleur que sur celle de la lumière, soit que l'homme saisisse mieux ce qu'il voit que ce qu'il sent, soit que la lumière se présentant ordinairement comme une substance distincte & différente de toutes les autres, elle a paru digne d'une considération particulière: au lieu que la chaleur dont l'effet est plus obscur, se présentant comme un objet moins isolé, moins simple, n'a pas été regardée comme une substance distincte, mais comme un attribut de la lumière & du feu.

Quand même cette opinion, qui fait de la chaleur un pur attribut, une simple qualité, se trouveroit fondée, il seroit toujours utile de considérer la chaleur en elle-même & par les effets qu'elle produit toute seule; c'est-à-dire, lorsqu'elle nous paroît indépendante de la lumière & du feu. La première chose qui me frappe, & qui me paroît bien digne de remarque, c'est que le siége de la chaleur est tout différent de celui de la lumière; celle-ci occupe & parcoure les espaces vides de l'Univers; la chaleur au contraire se trouve généralement répandue dans toute la matière solide. Le globe de la terre & toutes les matières dont il est composé, ont un degré de chaleur bien plus considérable qu'on ne pourroit l'imaginer. L'eau a son degré de chaleur qu'elle ne perd qu'en changeant son état; c'est-à-dire, en perdant sa fluidité; l'air a aussi sa chaleur, que nous appelons sa température, qui varie beaucoup, mais qu'il ne perd jamais en entier, puisque son ressort subsiste même dans le plus grand froid; le

feu a auſſi ſes différens degrés de chaleur, qui paroiſſent moins dépendre de ſa nature propre que de celle des alimens qui le nourriſſent. Ainſi toute la matière connue, eſt chaude, & dès-lors la chaleur eſt une affection bien plus générale que celle de la lumière.

La chaleur pénètre tous les corps qui lui ſont expoſés, & cela ſans aucune exception; tandis qu'il n'y a que les corps tranſparens qui laiſſent paſſer la lumière, & qu'elle eſt arrêtée & en partie repouſſée par tous les corps *opaques*. La chaleur ſemble donc agir d'une *manière bien plus* générale & plus palpable que n'agit *la lumière*, & quoique les molécules de la chaleur ſoient exceſſivement petites, puiſqu'elles pénètrent les corps les plus compactes, il me ſemble néanmoins que l'on peut démontrer qu'*elles* ſont bien plus groſſes que celles de la lumière; car on fait de la chaleur avec la lumière, en la réuniſſant en grande quantité; d'ailleurs la chaleur agiſſant ſur le ſens du toucher, il eſt néceſſaire que ſon action ſoit proportionnée à la groſſièreté de ce ſens, comme la délicateſſe des organes de la vue paroît l'être à l'extrême fineſſe des parties de la lumière: celles-ci ſe meuvent avec la plus grande vîteſſe, agiſſent dans l'inſtant à des diſtances immenſes, tandis que celles de la chaleur n'ont *qu'un* mouvement progreſſif aſſez lent, qui ne *paroît s'étendre* qu'à de petits intervalles du corps dont *elles* émanent.

Le principe de toute chaleur paroît être l'attrition des corps; tout frottement, c'eſt-à-*dire*, tout mouvement en ſens contraire entre des matières ſolides, produit de la

chaleur, & si ce même effet n'arrive pas dans les fluides, c'est parce que leurs parties ne se touchent pas d'assez près pour pouvoir être frottées les unes contre les autres; & qu'ayant peu d'adhérence entr'elles, leur résistance au choc des autres corps est trop foible, pour que la chaleur puisse naître ou se manifester à un degré sensible; mais dans ce cas, on voit souvent de la lumière produite par ce frottement d'un fluide, sans sentir de la chaleur. Tous les corps, soit en petit ou en grand volume, s'échauffent dès qu'ils se rencontrent en sens contraire: la chaleur est donc produite par le mouvement de toute matière palpable & d'un volume quelconque; au lieu que la production de la lumière qui se fait aussi par le mouvement en sens contraire, suppose de plus la division de la matière en parties très-petites; & comme cette opération de la Nature est la même pour la production de la chaleur & celle de la lumière, que c'est le mouvement en sens contraire, la rencontre des corps, qui produisent l'un & l'autre, on doit en conclure que les atomes de la lumière sont solides par eux-mêmes, & qu'ils sont chauds au moment de leur naissance; mais on ne peut pas également assurer qu'ils conservent leur chaleur au même degré que leur lumière, ni qu'ils ne cessent pas d'être chauds avant de cesser d'être lumineux. Des expériences familières paroissent indiquer que la chaleur de la lumière du soleil augmente en passant à travers une glace plane, quoique la quantité de la lumière soit diminuée considérablement par la réflexion qui se fait à la surface extérieure de la

glace, & que la matière même du verre en retienne une certaine quantité. D'autres expériences plus recherchées *(g)*, semblent prouver que la lumière augmente de chaleur à mesure qu'elle traverse une plus grande épaisseur de notre atmosphère. On

---

(g) Un habile Physicien (M. de Saussure, citoyen de Genève) a bien voulu me communiquer le résultat des expériences qu'il a faites dans les montagnes, sur la différente chaleur des rayons du soleil, & je vais rapporter ici ses propres expressions. « J'ai fait faire » en mars 1767, sept caisses rec- » tangulaires de verre blanc de » Bohème, chacune desquelles est » la moitié d'un cube coupé pa- » rallèlement à sa base; la première » a un pied de largeur en tout sens, » sur six pouces de hauteur; la » seconde dix pouces sur cinq, & » ainsi de suite, jusqu'à la cin- » quième qui a deux pouces sur » un. Toutes ces caisses sont ou- » vertes par le bas, & s'emboîtent » les unes dans les autres sur une » table fort épaisse, de bois de » poirier noirci, à laquelle elles » sont fixées. J'emploie sept ther- » momètres à cette expérience; » l'un suspendu en l'air & parfai- » tement isolé à côté des boîtes, & à la même distance du sol; « un autre posé sur la caisse ex- « térieure en dehors de cette caisse, « & à peu-près au milieu; le sui- « vant posé de même sur la se- « conde caisse, & ainsi des autres, « jusqu'au dernier qui est sous la « cinquième caisse, & à demi noyé « dans le bois de la table. «

Il faut observer que tous ces « thermomètres sont de mercure, « & que tous, excepté le dernier, « ont la boule nue, & ne sont « pas engagés comme les ther- « momètres ordinaires, dans une « planche ou dans une boîte, dont « le plus ou le moins d'aptitude « à prendre & à conserver la cha- « leur, fait entièrement varier le « résultat des expériences. «

Tout cet appareil exposé au « soleil, dans un lieu découvert, « par exemple, sur le mur de « clôture d'une grande terrasse; « je trouve que le thermomètre « suspendu à l'air libre, monte le « moins haut de tous; que celui «

qui

On sait de tout temps que la chaleur devient d'autant moindre ou le froid d'autant plus grand, qu'on s'élève plus haut dans les montagnes. Il est vrai que la chaleur qui provient du globe entier de la terre, doit être moins sensible sur ces pointes avancées qu'elle ne l'est dans les plaines, mais cette cause n'est point du tout proportionnelle à l'effet; l'action de la chaleur qui émane du globe terrestre,

---

» qui est sur la caisse extérieure, » monte un peu plus haut; ensuite » celui qui est sur la seconde caisse, » & ainsi des autres, en observant » cependant que le thermomètre » qui est posé sur la cinquième » caisse, monte plus haut que celui » qui est sous elle & à demi noyé » dans le bois de la table : j'ai vu » celui-là monter à 70 degrés de » Reaumur (en plaçant le 0 à la » congélation, & le 80.me degré » à l'eau bouillante). Les fruits » exposés à cette chaleur, s'y cui- » sent & y rendent leur jus.

» Quand cet appareil est exposé » au soleil dès le matin, on observe » communément la plus grande » chaleur, vers les deux heures » & demie après midi, & lorsqu'on » le retire des rayons du soleil, il » emploie plusieurs heures à son » entier refroidissement.

» J'ai fait porter ce même ap- pareil sur une montagne élevée « d'environ cinq cents toises au- « dessus du lieu où se faisoient « ordinairement les expériences, « & j'ai trouvé que le refroidis- « sement causé par l'élévation, « agissoit beaucoup plus sur les « thermomètres suspendus à l'air « libre, que sur ceux qui étoient « enfermés dans les caisses de « verre, quoique j'eusse eu soin « de remplir les caisses de l'air « même de la montagne, par « égard pour la fausse hypothèse « de ceux qui croient que le froid « des montagnes tient de la pureté « de l'air qu'on y respire. »

Il seroit à desirer que M. de Saussure, de la sagacité duquel nous devons attendre d'excellentes choses, suivît encore plus loin ces expériences, & voulût en publier les résultats.

ne pouvant diminuer qu'en raiſon du quarré de la diſtance, il ne paroît pas qu'à la hauteur d'une demi-lieue qui n'eſt que la trois-millième partie du demi-diamètre du globe, dont le centre doit être pris pour le foyer de la chaleur; il ne paroît pas, dis-je, que cette différence, qui dans cette ſuppoſition n'eſt que d'une unité ſur neuf millions, puiſſe produire une diminution de chaleur auſſi conſidérable, à beaucoup près, que celle qu'on éprouve en s'élevant à cette hauteur; car le thermomètre y baiſſe dans tous les temps de l'année, juſqu'au point de la congélation de l'eau; la neige ou la glace ſubſiſtent auſſi ſur ces grandes montagnes à peu-près à cette hauteur dans toutes les ſaiſons: il n'eſt donc pas probable que cette grande différence de chaleur provienne uniquement de la différence de la chaleur de la terre: l'on en ſera pleinement convaincu, ſi l'on fait attention qu'au haut des volcans, où la terre eſt plus chaude qu'en aucun autre endroit de la ſurface du globe, le froid de l'air eſt à très-peu près le même que dans les autres montagnes à la même hauteur.

On pourroit donc penſer que les atômes de la lumière, quoique très-chauds au moment de leur naiſſance & au ſortir du ſoleil, ſe refroidiſſent beaucoup pendant les ſept minutes & demie de temps que dure leur traverſée du ſoleil à la terre, d'autant que la durée de la chaleur, ou, ce qui revient au même, le temps du refroidiſſement des corps étant en raiſon de leur diamètre, il ſembleroit qu'il ne faut qu'un très-petit moment pour le refroidiſſement des

atomes presqu'infiniment petits de la lumière; & cela seroit en effet s'ils étoient isolés, mais comme ils se succèdent presque immédiatement, & qu'ils se propagent en faisceaux d'autant plus serrés qu'ils sont plus près du lieu de leur origine, la chaleur que chaque atome perd, tombe sur les atomes voisins; & cette communication réciproque de la chaleur qui s'évapore de chaque atome, entretient plus long-temps la chaleur générale de la lumière; & comme sa direction constante est toujours en rayons divergens, que leur éloignement l'un de l'autre augmente comme l'espace qu'ils ont parcouru, & qu'en même temps la chaleur qui part de chaque atome, comme centre, diminue aussi *dans la même raison; il s'ensuit que l'action de* la lumière des rayons solaires décroissant en raison inverse du quarré de la distance, celle de leur chaleur décroît en raison inverse du quarré-quarré de cette même distance.

Prenant donc pour unité le demi-diamètre du soleil, & supposant l'action de la lumière comme 1000, à la distance *d'un* demi-diamètre de la surface de cet astre, elle ne sera *plus que comme* $\frac{1000}{4}$ *à la distance de deux demi-diamètres, que comme* $\frac{1000}{9}$ *à celle de trois demi-diamètres, comme* $\frac{1000}{16}$ à la distance de quatre demi-diamètres; & enfin en arrivant à nous qui sommes éloignés du soleil de trente-six millions de lieues, c'est-à-dire, d'environ deux cents vingt-quatre de ses demi-diamètres, l'action de la lumière ne *sera* plus que comme $\frac{1000}{50625}$, c'est-à-dire, plus de cinquante mille fois plus foible qu'au sortir du soleil, &

la chaleur de chaque atome de lumière étant auſſi ſuppoſée 1000 au ſortir du ſoleil, ne ſera plus que comme $\frac{1000}{16}$, $\frac{1000}{81}$, $\frac{1000}{256}$ à la diſtance ſucceſſive de 1, 2, 3 demi-diamètres, & en arrivant à nous, comme $\frac{1000}{2562890625}$, c'eſt-à-dire, plus de deux mille cinq cents millions de fois plus foible qu'au ſortir du ſoleil.

Quand même on ne voudroit pas admettre cette diminution de la chaleur de la lumière en raiſon du quarré-quarré de la diſtance au ſoleil, quoique cette eſtimation me paroiſſe fondée ſur un raiſonnement aſſez clair, il ſera toujours vrai que la chaleur, dans ſa propagation, *diminue* beaucoup plus que la lumière, au moins quant à l'impreſſion qu'elles font l'une & l'autre ſur nos ſens. Qu'on excite une très-forte chaleur, qu'on allume un *grand feu dans* un point de l'eſpace, on ne le *ſentira qu'à une diſtance* médiocre, au lieu qu'on en voit *la lumière* à de très-grandes diſtances; qu'on approche *peu-à-peu* la main d'un corps exceſſivement *chaud, on* s'apercevra par la ſeule ſenſation, que la chaleur augmente beaucoup plus que l'eſpace ne diminue; car on ſe chauffe ſouvent avec plaiſir à une *diſtance qui ne diffère* que de quelques pouces de celle où *l'on ſe* brûleroit. Tout paroît donc nous indiquer que la chaleur diminue en plus grande raiſon que la lumière, à meſure que toutes deux s'éloignent du foyer dont elles partent.

Ainſi l'on peut croire que les atomes de la lumière ſont fort refroidis lorſqu'ils arrivent à la ſurface de notre atmoſphère, mais qu'en traverſant la grande épaiſſeur de

cette maſſe tranſparente, ils y reprennent par le frottement une nouvelle chaleur. La vîteſſe infinie avec laquelle les particules de la lumière frôlent celles de l'air, doit produire une chaleur d'autant plus grande, que le frottement eſt plus multiplié; & c'eſt probablement par cette raiſon que la chaleur des rayons ſolaires ſe trouve, par l'expérience, beaucoup plus grande dans les couches inférieures de l'atmoſphère, & que le froid de l'air paroît augmenter ſi conſidérablement à meſure qu'on s'élève. Peut-être auſſi que comme la lumière ne prend de la chaleur qu'en ſe réuniſſant, il faut un grand nombre d'atomes de lumière pour conſtituer un ſeul atome de chaleur, & que c'eſt par cette raiſon, que la *lumière foible de la lune*, quoique frôlée *dans l'atmoſphère*, comme celle du *ſoleil*, ne prend aucun degré de chaleur ſenſible. Si, comme le dit M. Bouguer *(h)*, l'intenſité de la lumière du ſoleil à la ſurface de la terre, eſt trois cents mille fois plus grande que celle de la lumière de la lune, celle-ci ne peut qu'être preſque abſolument inſenſible, même en la réuniſſant au foyer des plus puiſſans miroirs ardens qui ne peuvent la condenſer qu'environ *deux mille* fois, dont ôtant la moitié pour la perte par la réflexion ou la réfraction, il ne reſte qu'une trois-centième partie d'intenſité au foyer du miroir. Or, y a-t-il des thermomètres aſſez ſenſibles pour indiquer le degré de chaleur contenu dans une lumière trois cents fois plus *foible* que celle du ſoleil, & pourra-t-on faire des miroirs aſſez puiſſans pour la condenſer davantage!

(h) Eſſai d'Optique ſur la gradation de la lumière.

Ainsi l'on ne doit pas inférer de tout ce que j'ai dit, que la lumière puisse exister sans aucune chaleur, mais seulement que les degrés de cette chaleur sont très-différens, selon les différentes circonstances, & toujours insensibles lorsque la lumière est très-foible *(i)*. La chaleur au contraire paroît exister habituellement, & même se faire sentir vivement sans lumière; ce n'est ordinairement que quand elle devient excessive que la lumière l'accompagne. Mais ce qui mettroit encore une différence bien

---

(i) On pourroit même présumer que la lumière en elle-même est composée de parties plus ou moins chaudes; le rayon rouge, dont les atomes sont bien plus massifs & probablement plus gros que ceux du rayon violet, doit en toutes circonstances, conserver beaucoup plus de chaleur, & cette présomption me paroît assez fondée pour qu'on doive chercher à la constater par l'expérience; il ne faut pour cela que recevoir au sortir du prisme, une égale quantité de rayons rouges & de rayons violets, sur deux petits miroirs concaves ou deux lentilles réfringentes, & voir au thermomètre le résultat de la chaleur des uns & des autres.

Je me rappelle une autre expérience qui semble démontrer que les atomes bleus de la lumière sont plus petits que ceux des autres couleurs; c'est qu'en recevant sur une feuille très-mince d'or battu la lumière du soleil, elle se réfléchit toute, à l'exception des rayons bleus qui passent à travers la feuille d'or, & peignent d'un beau bleu le papier blanc qu'on met à quelque distance derrière la feuille d'or. Ces atomes bleus sont donc plus petits que les autres, *puisqu'ils* passent où les autres *ne peuvent* passer: mais je n'insiste pas sur les conséquences qu'on doit tirer de cette expérience, parce que cette couleur bleue produite en apparence par la feuille d'or, peut tenir au phénomène des ombres bleues, dont je parlerai dans un des Mémoires suivans.

eſſentielle entre ces deux modifications de la matière, c'eſt que la chaleur qui pénètre tous les corps, ne paroît ſe fixer dans aucun, & ne s'y arrêter que peu de temps, au lieu que la lumière s'incorpore, s'amortit & s'éteint dans tous ceux qui ne la réfléchiſſent pas, ou qui ne la laiſſent pas paſſer librement. Faites chauffer à tous degrés des corps de toute ſorte, tous perdront en aſſez peu de temps la chaleur acquiſe, tous reviendront au degré de la température générale, & n'auront par conſéquent que la même chaleur qu'ils avoient auparavant. Recevez de même la lumière en plus ou moins grande quantité ſur des corps noirs ou blancs, bruts ou polis, vous reconnoîtrez aiſément que les uns l'admettent, les autres la repouſſent, & qu'au lieu d'être affectés d'une manière uniforme, comme ils le ſont par la chaleur, ils ne le ſont que d'une manière relative à leur nature, à leur couleur, à leur poli; les noirs abſorberont plus la lumière que les blancs, les bruts plus que les polis. Cette lumière une fois abſorbée, reſte fixe & demeure dans les corps qui l'ont admiſe, elle ne reparoît plus, elle n'en ſort pas comme le fait la chaleur; d'où l'on devroit conclure que les atomes de la lumière peuvent devenir parties conſtituantes des corps en s'uniſſant à la matière qui les compoſe; au lieu que la chaleur ne ſe fixant pas, ſemble empêcher au contraire l'union de toutes les parties de la matière & n'agir que pour les tenir ſéparées.

Cependant il y a des cas où la chaleur ſe fixe à demeure dans les corps, & d'autres cas où la lumière qu'ils ont

abſorbée reparoît & en ſort comme la chaleur. Les diamans, les autres pierres tranſparentes qui s'imbibent de la lumière du ſoleil; les pierres opaques, comme celle de Bologne, qui, par la calcination, reçoivent les particules d'un feu brillant; tous les phoſphores naturels rendent la lumière qu'ils ont abſorbée, & cette reſtitution ou déperdition de lumière ſe fait ſucceſſivement & avec le temps, à peu-près comme ſe fait celle de la chaleur. Et peut-être la même choſe arrive dans les corps opaques, en tout ou en partie. Quoi qu'il en ſoit, il paroît d'après tout ce qui vient d'être dit, que l'on doit reconnoître deux ſortes de chaleur, l'une lumineuſe, dont le ſoleil eſt le foyer immenſe, & l'autre obſcure, dont le grand réſervoir eſt le globe terreſtre. Notre corps, comme faiſant partie du globe, participe à cette chaleur obſcure; & c'eſt par cette raiſon qu'étant obſcure par elle-même, c'eſt-à-dire, ſans lumière, elle eſt encore obſcure pour nous, parce que nous ne nous en apercevons par aucun de nos ſens. Il en eſt de cette chaleur du globe comme de ſon mouvement, nous y ſommes ſoumis, nous y participons ſans le ſentir & ſans nous en douter. De-là il eſt arrivé que les *Phyſiciens* ont porté d'abord toutes leurs vues, toutes leurs recherches ſur la chaleur du ſoleil, ſans ſoupçonner qu'elle ne faiſoit qu'une très-petite partie de celle que nous éprouvons réellement; mais ayant fait des inſtrumens pour reconnoître la différence de chaleur immédiate des rayons du ſoleil en été, à celle de ces mêmes rayons en hiver, ils ont trouvé avec étonnement, que cette chaleur ſolaire eſt en été

ſoixante-ſix

ſoixante-ſix fois plus grande qu'en hiver dans notre climat, & que néanmoins la plus grande chaleur de notre été ne différoit que d'un ſeptième du plus grand froid de notre hiver : d'où ils ont conclu, avec grande raiſon, qu'indépendamment de la chaleur que nous recevons du ſoleil, il en émane une autre du globe même de la terre, bien plus conſidérable, & dont celle du ſoleil n'eſt que le complément; en ſorte qu'il eſt aujourd'hui démontré que cette chaleur qui s'échappe de l'intérieur de la terre *(k)*, eſt dans notre climat au moins vingt-neuf fois en été, & quatre cents fois en hiver plus grande que la chaleur qui nous vient du ſoleil : je dis au moins, car quelque exactitude que les *Phyſiciens*, & en particulier M. de Mairan, aient apporté dans ces recherches, quelque préciſion qu'ils aient pu mettre dans leurs obſervations & dans leur calcul, j'ai vu en les examinant, que le réſultat pouvoit en être porté plus haut *(l)*.

(k) Voyez l'Hiſtoire de l'Académie des Sciences, *année 1702, page 7;* & le Mémoire de M. Amontons, *page 155.*—Les Mémoires de M. de Mairan, *année 1710, page 104; année 1721, page 8; année 1765, page 143.*

(l) Les Phyſiciens ont pris pour le degré du froid abſolu, mille degrés au-deſſous de la congélation, il falloit plutôt le ſuppoſer de dix mille que de mille : car quoique je ſois très-perſuadé qu'il n'exiſte rien d'abſolu dans la Nature, & que peut-être un froid de dix mille degrés n'exiſte que dans les eſpaces les plus éloignés de tout ſoleil ; cependant comme il s'agit ici de prendre pour unité le plus grand froid poſſible, je l'aurois au moins ſuppoſé plus grand que celui dont nous pouvons produire la moitié ou les trois cinquièmes ; car on a produit

Cette grande chaleur qui réſide dans l'intérieur du globe, qui ſans ceſſe en émane à l'extérieur, doit entrer comme élément dans la combinaiſon de tous les autres élémens. Si le ſoleil eſt le père de la Nature, cette chaleur de la terre en eſt la mère, & toutes deux ſe réuniſſent pour produire, entretenir, animer les êtres organiſés, & pour travailler, aſſimiler, compoſer les ſubſtances inanimées. Cette chaleur intérieure du globe qui tend toujours du centre à la circonférence, & qui s'éloigne perpendi-

---

artificiellement cinq cents quatre-vingt-douze degrés de froid à Péterſbourg, le 6 Janvier 1760, le froid naturel étant de trente-un degrés au-deſſous de la congélation ; & ſi l'on eût fait la même expérience en Sibérie, où le froid naturel eſt quelquefois de ſoixante-dix degrés, on eût produit un froid de plus de mille degrés ; car on a obſervé que le froid artificiel, ſuivoit la même proportion que le froid naturel. Or, 31 : 592 :: 70 : 1336 $\frac{24}{31}$; il ſeroit donc poſſible de produire en Sibérie un froid de treize cens trente-ſix degrés au-deſſous de la congélation ; donc le plus grand degré de froid poſſible doit être ſuppoſé bien au-delà de mille ou même de treize cents trente-ſix pour en faire l'unité, à laquelle on rapporte les degrés de la chaleur, tant ſolaire que terreſtre, ce qui ne laiſſera pas d'en rendre la différence encore plus grande.—Une autre remarque que j'ai faite, en examinant la conſtruction de la table, dans laquelle M. de Mairan donne les rapports de la chaleur des émanations du globe terreſtre à ceux de la chaleur ſolaire pour tous les climats de la terre, c'eſt qu'il n'a pas penſé ou qu'il a négligé d'y faire entrer la conſidération de l'épaiſſeur du globe, plus grande ſous l'Équateur que ſous les pôles. Cela néanmoins devroit être mis en compte, & auroit un peu changé les rapports qu'il donne pour chaque latitude.—Enfin une troiſième remarque, & qui tient à la première, c'eſt qu'il dit *(page 160)* qu'ayant fait conſtruire une machine qui étoit comme

culairement de la surface de la terre, est, à mon avis, un grand agent dans la Nature; l'on ne peut guère douter qu'elle n'ait la principale influence sur la perpendicularité de la tige des plantes, sur les phénomènes de l'électricité, dont la principale cause est le frottement ou mouvement en sens contraire, sur les effets du magnétisme, &c. Mais comme je ne prétends pas faire ici un Traité de Physique, je me bornerai aux effets de cette chaleur sur les autres

---

un extrait de mes miroirs brûlans, & ayant fait tomber la lumière réfléchie du soleil sur des thermomètres, il avoit toujours trouvé que si un miroir plan avoit fait monter la liqueur, par exemple, de trois degrés, deux miroirs dont on réunissoit la lumière, la faisoient monter de six degrés, & trois miroirs de neuf degrés. Or, il est aisé de sentir que ceci ne peut pas être généralement vrai, car la grandeur des degrés du thermomètre n'est fondée que sur la division en mille parties, & sur la supposition que mille degrés au-dessous de la congélation font le froid absolu; & comme il s'en faut bien que ce terme soit celui du plus grand froid possible, il est nécessaire qu'une augmentation de chaleur double ou triple par la réunion de deux ou trois miroirs, élève la liqueur à des hauteurs différentes de celle des degrés du thermomètre, selon que l'expérience sera faite dans un temps plus ou moins chaud; que celui où ces hauteurs s'accorderont le mieux ou différeront le moins, sera celui des jours chauds de l'été, & que les expériences ayant été faites sur la fin de Mai, ce n'est que par hasard qu'elles ont donné le résultat des augmentations de chaleur par les miroirs, proportionnelles aux degrés de l'échelle du thermomètre. Mais j'abrège cette critique, en renvoyant à ce que j'ai dit, près de vingt ans avant ce Mémoire de M. de Mairan, sur la construction d'un thermomètre réel, & sa graduation par le moyen de mes miroirs brûlans. *Voyez les Mémoires de l'Acad. des Sciences, année 1747.*

élémens. Elle suffit seule, elle est même bien plus grande qu'il ne faut pour maintenir la raréfaction de l'air au degré que nous respirons ; elle est plus que suffisante pour entretenir l'eau dans son état de liquidité, car on a descendu des thermomètres jusqu'à 120 brasses de profondeur *(m)*, & les retirant promptement, on a vu que la température de l'eau y étoit à très-peu près la même que dans l'intérieur de la terre à pareille profondeur, c'est-à-dire, de 10 degrés $\frac{2}{3}$. Et comme l'eau la plus chaude monte toujours à la surface, & que le sel l'empêche de geler, on ne doit pas être surpris de ce qu'en général la mer ne gèle pas, & que les eaux douces ne gèlent que d'une certaine épaisseur, l'eau du fond restant toujours liquide, lors même qu'il fait le plus grand froid, & que les couches supérieures sont en glace de dix pieds d'épaisseur.

Mais la Terre est celui de tous les élémens sur lequel cette chaleur intérieure a dû produire & produit encore les plus grands effets. On ne peut pas douter, après les preuves que j'en ai données *(n)*, que cette chaleur n'ait été originairement bien plus grande qu'elle ne l'est aujourd'hui ; ainsi on doit lui rapporter, comme à la cause première, toutes les sublimations, précipitations, agrégations, séparations, en un mot, tous les mouvemens qui se sont faits & se font chaque jour dans l'intérieur du globe, &

(m) Histoire physique de la mer, par M. le comte Marsigli, *page 16*.

(n) Voyez dans cet ouvrage l'article de la formation des planètes, & ci-après les articles des époques de la Nature.

ſur-tout dans la couche extérieure où nous avons pénétré & dont la matière a été remuée par les agens de la Nature, ou par les mains de l'homme; car à une ou peut-être deux lieues de profondeur, on ne peut guère préſumer qu'il y ait eu des converſions de matière, ni qu'il s'y faſſe encore des changemens réels: toute la maſſe du globe ayant été fondue, liquéfiée par le feu, l'intérieur n'eſt qu'un verre ou concret ou diſcret, dont la ſubſtance ſimple ne peut recevoir aucune altération par la chaleur ſeule; il n'y a donc que la couche ſupérieure & ſuperficielle qui, étant expoſée à l'action des cauſes extérieures, aura ſubi toutes les modifications que ces cauſes réunies à celle de la chaleur intérieure auront pu produire par leur action combinée, c'eſt-à-dire, toutes les modifications, toutes les différences, toutes les formes, en un mot, des ſubſtances minérales.

Le feu qui ne paroît être, à la première vue, qu'un compoſé de chaleur & de lumière, ne ſeroit-il pas encore une modification de la matière qu'on doive conſidérer à part, quoiqu'elle ne diffère pas eſſentiellement de l'une ou de l'autre, & encore moins des deux priſes enſemble! le feu n'exiſte jamais ſans chaleur, mais il peut exiſter ſans lumière. On verra, par mes expériences, que la chaleur ſeule & dénuée de toute apparence de lumière, peut produire les mêmes effets que le feu le plus violent: on voit auſſi que la lumière ſeule, lorſqu'elle eſt réunie, produit les mêmes effets; elle ſemble porter en elle-même une ſubſtance qui n'a pas beſoin d'aliment; le feu ne peut

ſubſiſter au contraire qu'en abſorbant de l'air, & il devient d'autant plus violent qu'il en abſorbe davantage, tandis que la lumière concentrée & reçue dans un vaſe purgé d'air, agit comme le feu dans l'air, & que la chaleur reſſerrée, retenue dans un eſpace clos, ſubſiſte & même augmente avec une très-petite quantité d'alimens. La différence la plus générale entre le feu, la chaleur & la lumière me paroît donc conſiſter dans la quantité, & peut-être dans la qualité de leurs alimens.

L'air eſt le premier aliment du feu, les matières combuſtibles ne ſont que le ſecond; j'entends par premier aliment celui qui eſt toujours néceſſaire, & ſans lequel le feu ne pourroit faire aucun uſage des autres. Des expériences connues de tous les Phyſiciens, nous démontrent qu'un petit point de feu, tel que celui d'une bougie placée dans un vaſe bien fermé, abſorbe en peu de temps une grande quantité d'air, & qu'elle s'éteint auſſitôt que la quantité ou la qualité de cet aliment lui manque. D'autres expériences bien connues des Chimiſtes, prouvent que les matières les plus combuſtibles, telles que les *charbons*, ne ſe conſument pas dans des vaiſſeaux *bien clos*, quoique expoſés à l'action du plus grand feu. L'air eſt donc le premier, le véritable aliment du feu, & les matières combuſtibles ne peuvent lui en fournir que par le ſecours & la médiation de cet élément, dont il eſt néceſſaire, avant d'aller plus loin, que nous conſidérions ici quelques propriétés.

Nous avons dit que toute fluidité avoit la chaleur pour

cauſe, & en comparant quelques fluides enſemble, nous voyons qu'il faut beaucoup plus de chaleur pour tenir le fer en fuſion que l'or, beaucoup plus pour y tenir l'or que l'étain, beaucoup moins pour y tenir la cire, beaucoup moins pour y tenir l'eau, encore beaucoup moins pour y tenir l'eſprit-de-vin, & enfin exceſſivement moins pour y tenir le mercure, puiſqu'il ne perd ſa fluidité qu'au 187.me degré au-deſſous de celui où l'eau perd la ſienne. Cette matière, le mercure, ſeroit donc le plus fluide des corps, ſi l'air ne l'étoit encore plus. Or, que nous indique cette fluidité plus grande dans l'air que dans aucune matière! il me ſemble qu'elle ſuppoſe le moindre degré poſſible d'adhérence entre ſes parties conſtituantes; ce qu'on peut concevoir en les ſuppoſant de figure à ne pouvoir ſe toucher qu'en un point. On pourroit croire auſſi qu'étant douées de ſi peu d'énergie apparente, & de ſi peu d'attraction mutuelle des unes vers les autres, elles ſont par cette raiſon moins maſſives & plus légères que celles de tous les autres corps: Mais *cela me paroît démenti par la comparaiſon du mercure, le plus fluide des corps après l'air, & dont néanmoins les parties conſtituantes paroiſſent être plus maſſives & plus peſantes que celles de toutes les autres matières à l'exception de l'or.* La plus ou moins grande fluidité n'indique donc pas que les parties du fluide ſoient plus ou moins peſantes, mais ſeulement que leur adhérence eſt d'autant moindre, leur union d'autant moins intime, & leur ſéparation d'autant plus aiſée. S'il faut mille degrés

de chaleur pour entretenir la fluidité de l'eau, il n'en faudra peut-être qu'un pour maintenir celle de l'air.

L'air eſt donc de toutes les matières connues, *celle* que la chaleur diviſe le plus facilement, celle dont les parties lui obéiſſent avec le moins de réſiſtance, celle qu'elle met le plus aiſément en mouvement expanſif, & contraire à celui de la force attractive. Ainſi l'air eſt tout près de la nature du feu, dont la principale propriété conſiſte dans ce mouvement expanſif; & quoique l'air ne l'ait pas par lui-même, la plus petite particule de chaleur ou de feu ſuffiſant pour le lui communiquer, on doit ceſſer d'être étonné de ce que l'air augmente ſi fort l'activité du feu, & de ce qu'il eſt ſi néceſſaire à ſa ſubſiſtance. Car étant de toutes les ſubſtances *celle qui* prend le plus aiſément le mouvement expanſif, ce ſera celle auſſi que le feu entraînera, enlèvera de préférence à toute autre, ce ſera celle qu'il s'appropriera le plus intimement, comme étant de la nature la plus voiſine de la ſienne; & par conſéquent l'air doit être du feu l'adminicule le plus puiſſant, l'aliment le plus convenable, l'*ami* le plus intime & le plus néceſſaire.

Les matières combuſtibles, que l'on regarde vulgairement comme les vrais alimens du feu, ne lui ſervent néanmoins, ne lui profitent en rien dès qu'elles ſont privées du ſecours de l'air, le feu le plus violent ne les conſume pas, & même ne leur cauſe aucune altération ſenſible, au lieu qu'avec de l'air, une ſeule étincelle de feu les embraſe, & qu'à meſure qu'on fournit de l'air en

plus

plus ou moins grande quantité, le feu devient dans la même proportion plus vif, plus étendu, plus dévorant. De ſorte qu'on peut meſurer la célérité ou la lenteur avec laquelle le feu conſume les matières combuſtibles, par la quantité plus ou moins grande de l'air qu'on lui fournit. Ces matières ne ſont donc, pour le feu, que des alimens ſecondaires qu'il ne peut s'approprier par lui-même, & dont il ne peut faire uſage qu'autant que l'air s'y mêlant, les rapproche de la nature du feu en les modifiant, & leur ſert d'intermède pour les y réunir.

On pourra (ce me ſemble) concevoir clairement cette opération de la Nature, en conſidérant que le feu ne réſide pas dans les corps d'une manière fixe, qu'il n'y fait ordinairement qu'un *ſéjour* inſtantané, qu'étant toujours en mouvement expanſif, il ne peut ſubſiſter dans cet état qu'avec les matières ſuſceptibles de ce même mouvement, que l'air s'y prêtant avec toute facilité, la ſomme de ce mouvement devient plus grande, l'action du feu plus vive, & que dès-lors les parties les plus volatiles des matières combuſtibles, telles que les molécules aëriennes, huileuſes, &c. obéiſſant ſans effort à ce mouvement expanſif qui leur eſt communiqué, elles s'élèvent en vapeurs; que ces vapeurs ſe convertiſſent en flamme par le même ſecours de l'air extérieur; & qu'enfin tant qu'il ſubſiſte dans les corps combuſtibles quelques parties capables de recevoir par le ſecours de l'air ce mouvement d'expanſion, elles ne ceſſent de s'en ſéparer pour ſuivre l'air & le feu dans leur route, & par conſéquent ſe conſumer en s'évaporant avec eux.

Il y a de certaines matières, telles que le phoſphore artificiel, le pyrophore, la poudre à canon qui paroiſſent à la première vue faire une exception à ce que je viens de dire, car elles n'ont pas beſoin pour s'enflammer & ſe conſumer en entier, du ſecours d'un air renouvelé; leur combuſtion peut s'opérer dans les vaiſſeaux les mieux fermés; mais c'eſt par la raiſon que ces matières, qu'on doit regarder comme les plus combuſtibles de toutes, contiennent dans leur ſubſtance tout l'air néceſſaire à leur combuſtion. Leur feu produit d'abord cet air & le conſume à l'inſtant, & comme il eſt en très-grande quantité dans ces matières, il ſuffit à leur pleine combuſtion qui dès-lors n'a pas *beſoin*, *comme toutes les autres*, du ſecours d'un air étranger.

Cela ſemble nous indiquer que la différence la plus eſſentielle qu'il y ait entre les matières combuſtibles & celles qui ne le ſont pas, c'eſt que celles-ci ne contiennent que peu ou point de ces matières légères, aëriennes, huileuſes, ſuſceptibles du mouvement expanſif, ou que ſi elles en contiennent, elles s'y trouvent fixées & retenues; en ſorte que quoique volatiles en elles-mêmes, elles ne peuvent exercer leur volatilité toutes les fois que la force du feu n'eſt pas aſſez grande pour ſurmonter la force d'adhéſion qui les retient unies aux parties fixes de la matière. On peut même dire que cette induction qui ſe tire immédiatement de mes principes, ſe trouve confirmée par un grand nombre d'obſervations bien connues des Chimiſtes & des Phyſiciens; mais ce qui paroît l'être

moins, & qui cependant en est une conséquence nécessaire, c'est que toute matière pourra devenir volatile dès que l'homme pourra augmenter assez la force expansive du feu, pour la rendre supérieure à la force attractive qui tient unies les parties de la matière, que nous appelons fixes; car d'une part il s'en faut bien que nous ayons un feu aussi fort que nous pourrions l'avoir par des miroirs mieux conçus que ceux dont on s'est servi jusqu'à ce jour; & d'autre côté, nous sommes assurés que la fixité n'est qu'une quantité relative, & qu'aucune matière n'est d'une fixité absolue ou invincible; puisque la chaleur dilate les corps les plus fixes. Or, cette dilatation n'est-elle pas l'indice d'un commencement de séparation qu'on augmente avec *le degré de chaleur jusqu'à la fusion*, & qu'avec une chaleur encore plus grande on augmenteroit jusqu'à la volatilisation?

La combustion suppose quelque chose de plus que la volatilisation, il suffit pour celle-ci que les parties de la matière soient assez divisées, assez séparées les unes des autres pour pouvoir être enlevées par celles de la chaleur; au lieu que pour la combustion, il faut encore qu'elles *soient d'une nature analogue à celle du feu*; sans cela le mercure qui est le plus fluide après l'air, seroit aussi le plus combustible, tandis que l'expérience nous démontre que quoique très-volatil il est incombustible. Or, quelle est donc l'analogie ou plutôt le rapport de nature que peuvent avoir les matières combustibles avec le feu? La matière en général est composée de quatre substances

principales, qu'on appelle *Élémens*; la terre, l'eau, l'air & le feu, entrent tous quatre en plus ou moins grande quantité dans la composition de toutes les matières particulières; celles où la terre & l'eau dominent seront fixes, & ne pourront devenir que volatiles par l'action de la chaleur; celles au contraire qui contiennent beaucoup d'air & de feu, seront les seules vraiment combustibles. La grande difficulté qu'il y ait ici, c'est de concevoir nettement comment l'air & le feu, tous deux si volatils, peuvent se fixer & devenir parties constituantes de tous les corps; je dis de tous les corps, car nous prouverons que quoiqu'il y ait une plus grande quantité d'air & de feu fixes dans les matières combustibles, & qu'ils y soient combinés d'une manière différente que dans les autres matières, toutes néanmoins contiennent une quantité considérable de ces deux élémens; & que les matières les plus fixes & les moins combustibles, sont celles qui retiennent ces élémens fugitifs avec le plus de force. Le fameux Phlogistique des Chimistes (être de leur méthode plutôt que de la Nature), n'est pas un principe simple & identique, comme ils nous le présentent; c'est *un composé*, un produit de l'alliage, un *résultat de la combinaison* des deux élémens, de l'air & du feu fixés dans les corps. Sans nous arrêter donc sur les idées obscures & incomplètes que pourroit nous fournir la considération de cet être précaire, tenons-nous-en à celle de nos quatre élémens réels, auxquels les Chimistes, avec tous leurs nouveaux principes, seront toujours forcés de revenir ultérieurement.

Nous voyons clairement que le feu en absorbant de l'air en détruit le ressort. Or, il n'y a que deux manières de détruire un ressort, la première en le comprimant assez pour le rompre, la seconde en l'étendant assez pour qu'il soit sans effet. Ce n'est pas de la première manière dont le feu peut détruire le ressort de l'air; puisque le moindre degré de chaleur le raréfie, que cette raréfaction augmente avec elle, & que l'expérience nous apprend qu'à une très-forte chaleur, la raréfaction de l'air est si grande, qu'il occupe alors un espace treize fois plus étendu que celui de son volume ordinaire; le ressort dès-lors en est d'autant plus foible, & c'est dans cet état qu'il peut devenir fixe & s'unir sans résistance sous cette nouvelle forme avec les autres corps. On entend bien que cet air transformé & fixé, n'est point du tout le même que celui qui se trouve dispersé, disséminé dans la plupart des matières, & qui conserve dans leurs pores sa nature entière; celui-ci ne leur est que mélangé & non pas uni; il ne leur tient que par une très-foible adhérence, au lieu que l'autre leur est si étroitement attaché, si intimément incorporé, que souvent on ne peut l'en séparer.

Nous voyons de même que la lumière, en tombant sur les corps, n'est pas, à beaucoup près, entièrement réfléchie, qu'il en reste en grande quantité dans la petite épaisseur de la surface qu'elle frappe; que par conséquent elle y perd son mouvement, s'y éteint, s'y fixe & devient dès-lors partie constituante de tout ce qu'elle pénètre. Ajoutez à cet air, à cette lumière, transformés & fixés

dans les corps, & qui peuvent être en quantité variable; ajoutez-y, dis-je, la quantité constante du feu que toutes les matières, de quelque espèce que ce soit, possèdent également: cette quantité constante de feu où de chaleur actuelle du globe de la terre, dont la somme est bien plus grande que celle de la chaleur qui nous vient du soleil, me paroît être non-seulement un des grands ressorts du mécanisme de la Nature, mais en même temps un élément dont toute la matière du globe est pénétrée; c'est le feu élémentaire qui, quoique toujours en mouvement expansif, doit par sa longue résidence dans la matière, & par son choc contre ses parties fixes, s'unir, s'incorporer avec elles, & s'éteindre par parties comme le fait la lumière *(o)*.

Si nous considérons plus particulièrement la nature des matières combustibles, nous verrons que toutes proviennent originairement des végétaux, des animaux, des êtres en un mot qui sont placés à la surface du globe que le soleil éclaire, échauffe & vivifie; les bois, les charbons, les tourbes, les bitumes, les résines, les huiles, les graisses, les suifs qui sont les vraies matières combustibles, puisque

(o) Ceci même pourroit se prouver par une expérience qui mériteroit d'être poussée plus loin. J'ai recueilli sur un miroir ardent par réflexion, une assez forte chaleur sans aucune lumière, au moyen d'une plaque de tôle mise entre le brasier & le miroir; une partie de la chaleur s'est réfléchie au foyer du miroir, tandis que tout le reste de la chaleur l'a pénétré; mais je n'ai pu m'assurer si l'augmentation de chaleur dans la matière du miroir, n'étoit pas aussi grande que s'il n'en eût pas réfléchi.

toutes les autres ne le ſont qu'autant qu'elles en contiennent, ne proviennent-ils pas tous des corps organiſés ou de leurs détrimens? le bois & même le charbon ordinaire, les graiſſes, les huiles par expreſſion, la cire & le ſuif ne ſont que des ſubſtances extraites immédiatement des végétaux & des animaux; les tourbes, les charbons foſſiles, les ſuccins, les bitumes liquides ou concrets, ſont des produits de leur mélange & de leur décompoſition, dont les détrimens ultérieurs forment les ſoufres & les parties combuſtibles du fer, du zinc, des pyrites & de tous les minéraux que l'on peut enflammer. Je ſens que cette dernière aſſertion ne ſera pas admiſe, & pourra même être rejetée, ſur-tout par ceux qui n'ont étudié la Nature que par la voie de la chimie; mais je les prie de conſidérer que leur méthode n'eſt pas celle de la Nature, qu'elle ne pourra le devenir ou même s'en approcher qu'autant qu'elle s'accordera avec la ſaine phyſique, autant qu'on en bannira, non-ſeulement les expreſſions obſcures & techniques, mais ſur-tout les principes précaires, les êtres *fictifs* auxquels on fait jouer le plus grand rôle, ſans néanmoins les connoître. Le ſoufre, *en chimie*, n'eſt que le *compoſé de l'acide vitriolique & du phlogiſtique*; quelle apparence y a-t-il donc qu'il puiſſe, comme les autres matières combuſtibles, tirer ſon origine du détriment des végétaux ou des animaux? A cela je réponds, même en admettant cette définition chimique, que l'acide vitriolique, & en général tous les acides, tous les alkalis ſont moins des ſubſtances de la Nature que des produits de

l'art. La Nature forme des ſels & du ſoufre, elle emploie à leur compoſition, comme à celle de toutes les autres ſubſtances, les quatre élémens, beaucoup de terre & d'eau, un peu d'air & de feu entrent en quantité variable dans chaque différente ſubſtance ſaline; moins de terre & d'eau & beaucoup plus d'air & de feu, ſemblent entrer dans la compoſition du ſoufre. Les ſels & les ſoufres doivent donc être regardés comme des êtres de la Nature dont on extrait, par le ſecours de l'art de la chimie, & par le moyen du feu, les différens acides qu'ils contiennent; & puiſque nous avons employé le feu, & par conſéquent de l'air & des matières combuſtibles pour extraire ces acides, pouvons-nous douter qu'ils n'aient retenu, & qu'ils ne contiennent réellement des parties de matière combuſtible qui y ſeront entrées pendant l'extraction?

Le phlogiſtique eſt encore bien moins que l'acide, un être naturel, ce ne ſeroit même qu'un être de raiſon ſi on ne le regardoit pas comme un compoſé d'air & de feu devenu fixe & inhérent aux autres corps. Le ſoufre peut en effet contenir beaucoup de ce phlogiſtique, beaucoup auſſi d'acide vitriolique; mais il a, comme toute autre matière, & ſa terre & ſon eau; d'ailleurs ſon origine indique qu'il faut une grande conſommation de matières combuſtibles pour ſa production; il ſe trouve dans les volcans, & il ſemble que la Nature ne le produiſe que par effort & par le moyen du plus grand feu; tout concourt donc à nous prouver qu'il eſt de la même nature que les autres matières combuſtibles, & que par conſéquent il tire,

comme

comme elles, sa première origine du détriment des êtres organisés.'

Mais je vais plus loin: les acides eux-mêmes viennent en grande partie de la décomposition des substances animales ou végétales, & contiennent en conséquence des principes de la combustion. Prenons pour exemple le salpêtre, ne doit-il pas son origine à ces matières! n'est-il pas formé par la putréfaction des végétaux, ainsi que des urines & des excrémens des animaux! il me semble que l'expérience le démontre, puisqu'on ne cherche, on ne trouve le salpêtre que dans les habitations où l'homme & les animaux ont long-temps résidé; & puisqu'il est immédiatement formé du détriment des substances animales & végétales, ne doit-il pas contenir une prodigieuse quantité d'air & de feu fixes! aussi en contient-il beaucoup, & même beaucoup plus que le soufre, le charbon, l'huile, &c. Toutes ces matières combustibles ont besoin, comme nous l'avons dit, du secours de l'air pour brûler, & se consument d'autant plus vîte, qu'elles en reçoivent en plus grande quantité; le salpêtre n'en a pas besoin dès qu'il est mêlé avec quelques-unes de ces matières combustibles, il semble porter en lui-même le réservoir de tout l'air nécessaire à sa combustion: en le faisant détonner lentement, on le voit souffler son propre feu, comme le feroit un soufflet étranger; en le renfermant le plus étroitement, son feu, loin de s'éteindre, n'en prend que plus de force & produit les explosions terribles, sur lesquelles sont fondés nos arts meurtriers. Cette combustion si prompte

eſt en même temps ſi complète qu'il ne reſte preſque rien après l'inflammation, tandis que toutes les autres matières enflammées laiſſent des cendres ou d'autres réſidus qui démontrent que leur combuſtion n'eſt pas entière, ou ce qui revient au même, qu'elles contiennent un aſſez grand nombre de parties fixes qui ne peuvent ni ſe brûler ni même ſe volatiliſer. On peut de même démontrer que l'acide vitriolique contient auſſi beaucoup d'air & de feu fixes, quoiqu'en moindre quantité que l'acide nitreux; & dès-lors il tire, comme celui-ci, ſon origine de la même ſource, & le ſoufre dans la compoſition duquel cet acide entre ſi abondamment, tire des animaux & des végétaux tous les principes de ſa combuſtibilité.

Le phoſphore artificiel, qui eſt le premier dans l'ordre des matières combuſtibles, & dont l'acide eſt différent de l'acide nitreux & de l'acide vitriolique, ne ſe tire auſſi que du règne animal, ou, ſi l'on veut, en partie du règne végétal élaboré dans les animaux, c'eſt-à-dire, des deux ſources de toute matière combuſtible. Le phoſphore s'enflamme de lui-même, c'eſt-à-dire, ſans communication de matière ignée, ſans frottement, ſans autre addition que celle du contact de l'air: autre preuve de la néceſſité de cet élément pour la combuſtion même d'une matière qui ne paroît être compoſée que de feu. Nous démontrerons dans la ſuite que l'air eſt contenu dans l'eau ſous une forme moyenne, entre l'état d'élaſticité & celui de fixité; le feu paroît être dans le phoſphore à peu-près dans ce même état moyen; car de même que l'air ſe dégage de

l'eau dès que l'on diminue la pression de l'atmosphère, le feu se dégage du phosphore lorsqu'on fait cesser la pression de l'eau, où l'on est obligé de le tenir submergé pour pouvoir le garder & empêcher son feu de s'exalter. Le phosphore semble contenir cet élément sous une forme obscure & condensée, & il paroît être pour le feu obscur ce qu'est le miroir ardent pour le feu lumineux, c'est-à-dire un moyen de condensation.

Mais sans nous soutenir plus long-temps à la hauteur de ces considérations générales, auxquelles je pourrai revenir lorsqu'il sera nécessaire, suivons d'une manière plus directe & plus particulière l'examen du feu; tâchons *de saisir ses effets, & de les présenter sous un point de vue plus fixe qu'on ne l'a fait jusqu'ici.*

L'action du feu, sur les différentes substances, dépend beaucoup de la manière dont on l'applique; & le produit de son action sur une même substance, paroîtra différent selon la façon dont il est administré. J'ai pensé qu'on devoit considérer le feu dans trois états différens, le premier relatif à sa vîtesse, le second à son volume, & le troisième à sa *masse; sous chacun de ces points de vue, cet élément si simple, si uniforme en apparence, paroîtra pour ainsi dire, un élément différent.* On augmente la vîtesse du feu sans en augmenter le volume apparent, toutes les fois que dans un espace donné & rempli de matières combus*tibles*, on presse l'action & le développement du feu en augmentant la vîtesse de l'air par des soufflets, des trompes, des ventilateurs, des tuyaux d'aspiration, &c. qui tous

accélèrent plus ou moins la rapidité de l'air dirigé ſur le feu; ce qui comprend, comme l'on voit, tous les inſtrumens, tous les fourneaux à vent, depuis les grands fourneaux de forges juſqu'à la lampe des émailleurs.

On augmente l'action du feu par ſon volume toutes les fois qu'on accumule une grande quantité de matières combuſtibles, & qu'on en fait rouler la chaleur & la flamme dans des fourneaux de réverbère; ce qui comprend, comme l'on ſait, les fourneaux de nos manufactures de glaces, de criſtal, de verre, de porcelaine, de poterie, & auſſi ceux où l'on fond tous les métaux & les minéraux, à l'exception du fer; le feu agit ici par ſon *volume*, & n'a que ſa propre vîteſſe puiſqu'on n'en augmente pas la rapidité, par des ſoufflets ou d'autres inſtrumens qui portent l'air ſur le feu. Il eſt vrai que la forme des *tiſards*, c'eſt-à-dire des ouvertures principales, par où ces fourneaux tirent l'air, contribue à l'attirer plus puiſſamment qu'il ne le feroit en eſpace libre, mais cette augmentation de vîteſſe eſt très-peu conſidérable en comparaiſon de la grande rapidité que lui donnent les ſoufflets; par ce dernier procédé on accélère l'action du feu qu'on aiguiſe par l'air autant qu'il eſt poſſible; par l'autre procédé on l'augmente en concentrant ſa flamme en grand volume.

Il y a, comme l'on voit, pluſieurs moyens d'augmenter l'action du feu, ſoit qu'on veuille le faire agir par ſa vîteſſe ou par ſon volume; mais il n'y en a qu'un ſeul par lequel on puiſſe augmenter ſa maſſe, c'eſt de le réunir au foyer d'un miroir ardent. Lorſqu'on reçoit ſur un miroir

réfringent ou réflexif les rayons du ſoleil, ou même ceux d'un feu bien allumé, on les réunit dans un eſpace d'autant moindre que le miroir eſt plus grand & le foyer plus court. Par exemple, avec un miroir de quatre pieds de diamètre & d'un pouce de foyer, il eſt clair que la quantité de lumière ou de feu qui tombe ſur le miroir de quatre pieds ſe trouvant réunie dans l'eſpace d'un pouce, ſeroit deux mille trois cents quatre fois plus denſe qu'elle ne l'étoit, ſi toute la matière incidente arrivoit ſans perte à ce foyer. Nous verrons ailleurs ce qui s'en perd effectivement, mais il nous ſuffit ici de faire ſentir que quand même cette perte ſeroit des deux tiers ou des trois quarts, la maſſe du feu concentré au foyer de ce miroir, ſera *toujours* ſix ou ſept cents fois plus denſe qu'elle ne l'étoit à la ſurface du miroir. Ici, comme dans tous les autres cas, la maſſe accroît par la contraction du volume, & le feu dont on augmente ainſi la denſité, a toutes les propriétés d'une maſſe de matière; car indépendamment de l'action de la chaleur par laquelle il pénètre les corps, *il les pouſſe & les déplace comme le feroit un corps ſolide en mouvement qui en choqueroit un autre.* On pourra donc augmenter, par ce moyen, la denſité ou la maſſe du feu d'autant plus qu'on perfectionnera davantage la conſtruction des miroirs ardens.

Or, chacune de ces trois manières d'adminiſtrer le feu & d'en augmenter *ou la vîteſſe, ou le volume, ou la maſſe*, produit ſur les mêmes ſubſtances des effets ſouvent très-différens; on calcine par l'un de ces moyens ce que

l'on fond par l'autre; on volatilise par le dernier ce qui paroît réfractaire au premier; en sorte que la même matière donne des résultats si peu semblables, qu'on ne peut compter sur rien, à moins qu'on ne la travaille en même temps ou successivement par ces trois moyens ou procédés que nous venons d'indiquer; ce qui est une route plus longue, mais la seule qui puisse nous conduire à la connoissance exacte de tous les rapports que les diverses substances peuvent avoir avec l'élément du feu. Et de la même manière que je divise en trois procédés généraux l'administration de cet élément, je divise de même en trois classes toutes les matières que l'on peut soumettre à son action. Je mets à part, pour un moment, celles qui sont purement combustibles & qui proviennent immédiatement des animaux & des végétaux; & je divise toutes les matières minérales en trois classes relativement à l'*action* du feu: la première est celle des matières, que cette *action*, long-temps continuée, rend plus légères, comme le fer; la seconde, celle des matières que cette même action du feu rend plus pesantes, comme le plomb, & la troisième classe est celle des matières sur *lesquelles*, comme sur l'or, cette action du feu ne paroît produire aucun effet sensible, puisqu'elle n'altère point leur pesanteur; toutes les matières existantes & *possibles*, c'est-à-dire, toutes les substances simples & composées, seront nécessairement comprises dans l'une de ces trois classes. Ces expériences, par les trois procédés, qui ne sont pas difficiles à faire, & qui ne demandent que de l'exactitude & du temps,

pourroient nous découvrir plusieurs choses utiles, & seroient très-nécessaires pour fonder sur des principes réels la théorie de la chimie; cette belle science jusqu'à nos jours n'a porté que sur une nomenclature précaire, & sur des mots d'autant plus vagues qu'ils sont plus généraux. Le feu étant, pour ainsi dire, le seul instrument de cet art, & sa nature n'étant point connue non plus que ses rapports avec les autres corps, on ne sait ni ce qu'il y met ni ce qu'il en ôte; on travaille donc à l'aveugle, & l'on ne peut arriver qu'à des résultats obscurs que l'on rend encore plus obscurs en les érigeant en principes. Le phlogistique, le minéralisateur, l'acide, l'alkali, &c. ne sont que des termes créés par la méthode, dont les définitions sont adoptées par convention, & ne répondent à aucune idée claire & précise, ni même à aucun être réel. Tant que nous ne connoîtrons pas mieux la nature du feu, tant que nous ignorerons ce qu'il ôte ou donne aux matières qu'on soumet à son action, il ne sera pas possible de prononcer sur la nature de ces mêmes matières d'après les opérations de la chimie; puisque chaque matière à laquelle le feu ôte ou donne quelque chose, n'est plus la substance simple que l'on voudroit connoître, mais une matière composée & mélangée, ou dénaturée & changée par l'addition ou la soustraction d'autres matières que le feu en enlève ou y fait entrer.

Prenons pour exemple de cette addition & de cette soustraction, le plomb & le marbre; par la simple calcination l'on augmente le poids du plomb de près d'un

quart, & l'on diminue celui du marbre de près de moitié; il y a donc un quart de matière inconnue que le feu donne au premier, & une moitié d'autre matière également inconnue qu'il enlève au second: Tous les raisonnemens de la chimie ne nous ont pas démontré jusqu'ici ce que c'est que cette matière donnée ou enlevée par le feu; & il est évident que lorsqu'on travaille sur le plomb & sur le marbre après leur calcination, ce ne sont plus ces matières simples que l'on traite, mais d'autres matières dénaturées & composées par l'action du feu. Ne seroit-il donc pas nécessaire avant tout, de procéder d'après les vues que je viens d'indiquer, de voir d'abord sous un même coup d'œil toutes les matières que le feu ne change ni n'altère, ensuite celles que le feu détruit ou *diminue*, & enfin celles qu'il augmente & *compose en s'incorporant* avec elles!

Mais examinons de plus près la nature du feu considéré en lui-même. Puisque *c'est une substance* matérielle, il doit être sujet à la loi générale, à laquelle toute matière est soumise, il est le moins pesant de tous les corps, mais cependant il pèse; & quoique ce que nous avons dit précédemment suffise pour le prouver évidemment, nous le démontrerons encore par des expériences palpables, & que tout le monde sera en état de répéter aisément. On pourroit d'abord soupçonner par la pesanteur réciproque des astres, que le feu en grande masse est pesant ainsi que toute autre matière; car les astres qui sont lumineux comme le soleil, dont toute la substance paroît être

de feu, n'en exercent pas moins leur force d'attraction à l'égard des astres qui ne le sont pas : mais nous démontrerons que le feu même en très-petit volume est réellement pesant, qu'il obéit comme toute autre matière à la loi générale de la pesanteur, & que par conséquent il doit avoir, de même, des rapports d'affinités avec les autres corps ; en avoir plus ou moins avec telle ou telle substance, & n'en avoir que peu ou point du tout avec beaucoup d'autres. Toutes celles qu'il rendra plus pesantes comme le plomb, seront celles avec lesquelles il aura le plus d'affinité, & en le supposant appliqué au même degré & pendant un temps égal, celles de ces matières qui gagneront le plus en pesanteur, *seront aussi* celles avec lesquelles cette affinité *sera la* plus grande. Un des effets de cette affinité dans chaque matière, est de retenir la substance même du feu, & de se l'incorporer, & cette incorporation suppose que non-seulement le feu perd sa chaleur & son élasticité, mais même tout son mouvement, puisqu'il se fixe dans ces corps & en devient partie constituante. Il y a donc lieu de croire qu'il en est du feu comme de l'air qui se trouve *sous une forme fixe & concrète* dans *presque* tous les corps, & l'on peut espérer qu'à l'exemple du docteur Hales *(p)*, qui a su dégager cet air fixé dans tous les

(p) Le phosphore qui n'est, pour ainsi dire, qu'une matière ignée, une substance qui conserve & condense le feu, seroit le premier objet des expériences qu'il faudroit faire, pour traiter le feu comme M. Hales a traité l'air, & le premier instrument qu'il faudroit employer pour ce nouvel art.

corps & en évaluer la quantité, il viendra quelque jour un Phyſicien habile qui trouvera les moyens de diſtraire le feu de toutes les matières où il ſe trouve ſous une forme fixe; mais il faut auparavant faire la table de ces matières, en établiſſant par l'expérience les différens rapports dans leſquels le feu ſe combine avec toutes les ſubſtances qui lui ſont analogues, & ſe fixe en plus ou moins grande quantité, ſelon que ces ſubſtances ont plus ou moins de force pour le retenir.

Car il eſt évident que toutes les matières dont la peſanteur augmente par l'action du feu, ſont douées d'une force attractive, telle que ſon effet eſt ſupérieur à celui de la force expanſive, dont les particules du feu ſont animées; puiſque celle-ci s'amortit & s'éteint, que ſon mouvement ceſſe, & que d'élaſtiques & fugitives qu'étoient ces particules ignées, elles deviennent fixes, ſolides & prennent une forme concrète. Ainſi les matières qui augmentent de poids par le feu comme l'étain, le plomb, les fleurs de zinc, &c. & toutes les autres qu'on pourra découvrir, ſont des ſubſtances qui, par leur affinité avec le feu, l'attirent & ſe l'incorporent. Toutes les matières au contraire qui, comme le fer, le cuivre, &c. deviennent plus légères à meſure qu'on les calcine, ſont des ſubſtances dont la force attractive, relativement aux particules ignées, eſt moindre que la force expanſive du feu; & c'eſt ce qui fait que le feu, au lieu de ſe fixer dans ces matières, en enlève au contraire & en chaſſe les parties les moins liées qui ne peuvent réſiſter à ſon impulſion

Enfin celles qui, comme l'or, la platine, l'argent, le grès, &c. ne perdent ni n'acquièrent par l'application du feu, & qu'il ne fait pour ainsi dire, que traverser sans en rien enlever & sans y rien laisser, sont des substances qui, n'ayant aucune affinité avec le feu, & ne pouvant se joindre avec lui, ne peuvent par conséquent ni le retenir ni l'accompagner en se laissant enlever. Il est évident que les matières des deux premières classes, ont avec le feu un certain degré d'affinité, puisque celles de la seconde classe se chargent du feu qu'elles retiennent, & que le feu se charge de celles de la première classe & qu'il les emporte; au lieu que les matières de la troisième classe auxquelles il ne donne ni n'ôte rien, n'ont aucun rapport d'affinité ou d'attraction avec lui, & sont, pour ainsi dire, indifférentes à son action, qui ne peut ni les dénaturer ni même les altérer.

Cette division de toutes les matières en trois classes relatives à l'action du feu, n'exclut pas la division plus particulière & moins absolue de toutes les matières en deux autres classes, qu'on a jusqu'ici regardées comme relatives à leur propre nature, qui, dit-on, est toujours *vitrescible* ou *calcaire*. Notre nouvelle division n'est qu'un point de vue plus élevé, sous lequel il faut les considérer pour tâcher d'en déduire la connoissance même de l'agent qu'on emploie par les différens rapports que le feu peut avoir avec toutes les substances auxquelles on l'applique; faute de comparer ou de combiner ces rapports, ainsi que les moyens qu'on emploie pour appliquer le feu, je vois

qu'on tombe tous les jours dans des contradictions apparentes, & même dans des erreurs très-préjudiciables *(q)*.

(q) Je vais en donner un exemple récent. Deux habiles Chimistes (M.[rs] Pott & d'Arcet) ont soumis un grand nombre de substances à l'action du feu; le premier s'est servi d'un fourneau que je suis étonné que le second n'ait point entendu, puisque rien ne m'a paru si clair dans tout l'ouvrage de M. Pott, & qu'il ne faut qu'un coup d'œil sur la planche gravée de ce fourneau, pour reconnoître que par sa construction, il peut, quoique sans soufflets, faire à peu-près autant d'effet que s'il en étoit garni, car au moyen des longs tuyaux qui sont adaptés au fourneau par le haut & par le bas, l'air y arrive & circule avec une rapidité d'autant plus grande, que les tuyaux sont mieux proportionnés; ce sont des soufflets constans, & dont on peut augmenter l'effet à volonté; cette construction est si bonne & si simple que je ne puis concevoir que M. d'Arcet dise *que ce fourneau est un problème pour lui .... qu'il est persuadé que M. Pott a dû se servir de soufflets, &c.* tandis qu'il est évident que son fourneau équivaut par sa construction à l'action des soufflets, & que par conséquent il n'avoit pas besoin d'y avoir recours; que d'ailleurs ce fourneau est encore exempt du vice que M. d'Arcet reproche aux soufflets, dont il a raison de dire que *l'action alterne, sans cesse renaissante & expirante, jette du trouble & de l'inégalité sur celle du feu*, ce qui ne peut arriver ici, puisque par la construction du fourneau l'on voit évidemment que le renouvellement de l'air est constant, & que son action ne renaît ni n'expire, mais est continue & toujours uniforme: ainsi M. Pott a employé l'un des moyens dont on se doit servir pour appliquer le feu; c'est-à-dire, un moyen par lequel, comme par les soufflets, on augmente la vîtesse du feu, en le pressant incessamment par un air toujours renouvelé; & toutes les fusions qu'il a faites par ce moyen & dont j'ai répété quelques-unes, comme celle du grès, du quartz, &c. sont très-réelles, quoique M. d'Arcet les nie; car pourquoi les nie-t-il? c'est que de son côté, au lieu d'employer,

On pourroit donc dire avec les Naturalistes, que tout

---

comme M. Pott, le premier de nos procédés généraux, c'est-à-dire le feu par sa vîtesse, accélérée autant qu'il est possible par le mouvement rapide de l'air, moyen par lequel il eût obtenu les mêmes résultats, il s'est servi du second procédé, & n'a employé que le feu en grand volume dans un fourneau sans soufflets ou sans équivalent, dans lequel par conséquent le feu ne devoit pas produire les mêmes effets, *mais* devoit en *donner d'autres*, que par la même raison le premier procédé ne pouvoit pas produire; ainsi les contradictions entre les résultats de ces deux habiles Chimistes *ne* sont qu'apparentes & fondées sur deux erreurs évidentes. La première consiste à croire que le feu le plus *violent* est celui qui est en plus grand volume; & la seconde, que l'on doit obtenir du feu violent les mêmes résultats, de quelque manière qu'on l'applique : cependant ces deux idées sont fausses; la considération des vérités contraires est encore une des premières pierres qu'il faudroit poser aux fondemens de la Chimie; car ne seroit-il pas très-nécessaire avant tout, & pour éviter de pareilles contradictions à l'avenir, que les Chimistes ne perdissent pas de vue qu'il y a trois moyens généraux & très-différens l'un de l'autre d'appliquer le feu violent! Le premier, *comme je l'ai dit*, par lequel on n'emploie qu'un petit volume de feu, mais que l'on agite, aiguise, exalte au plus haut degré par la vîtesse de l'air, soit par des soufflets, soit par un fourneau semblable à celui de M. Pott, qui tire l'air avec rapidité: on voit par l'effet de la lampe d'Émailleur, qu'avec une quantité de feu presqu'infiniment petite, on fait de plus grands effets en petit, que le fourneau de verrerie ne peut en faire en grand. Le second moyen est d'appliquer le feu, non pas en petite, mais en très-grande quantité, comme on le fait dans les fourneaux de porcelaine & de verrerie, où le feu n'est fort que par son volume, où son action est tranquille, & n'est pas exaltée par un renouvellement très-rapide de l'air. Le troisième moyen est d'appliquer le feu en très-petit

est vitrescible dans la Nature, à l'exception de ce qui est

volume, mais en augmentant sa masse & son intensité au point de le rendre plus fort que par le second moyen, & plus violent que par le premier; & ce moyen de concentrer le feu & d'en augmenter la masse par les miroirs ardens, est encore le plus puissant de tous.

Or, chacun de ces trois moyens doit fournir un certain nombre de résultats différens; si par le premier moyen on fond & vitrifie telles & telles matières, il est très-possible que par le second moyen on ne puisse vitrifier ces mêmes matières, & qu'au contraire on en puisse fondre d'autres, qui n'ont pu l'être par le premier moyen, & enfin il est tout aussi possible que par le troisième moyen on obtienne encore plusieurs résultats semblables ou différens de ceux qu'ont fournis les deux premiers moyens. Dès-lors un Chimiste qui, comme M. Pott, n'emploie que le premier moyen, doit se borner à donner les résultats fournis par ce moyen, faire, comme il l'a fait, l'énumération des matières qu'il a fondues, mais ne pas prononcer sur la non-fusibilité des autres, parce qu'elles peuvent l'être par le second ou le troisième moyen; enfin ne pas dire affirmativement & exclusivement, en parlant de son fourneau, *qu'en une heure de temps, ou deux au plus, il met en fonte tout ce qui est fusible dans la Nature.* Et par la même raison, un autre Chimiste qui, comme M. d'Arcet, ne s'est servi que du second moyen, tombe dans l'erreur, s'il se croit en contradiction avec celui qui ne s'est servi que du premier moyen, & cela parce qu'il n'a pu fondre plusieurs matières que l'autre a fait couler, & qu'au contraire il a mis en fusion d'autres matières que le premier n'avoit pu fondre; car si l'un ou l'autre se fût avisé d'employer successivement les deux moyens, il auroit bien senti qu'il n'étoit point en contradiction avec lui-même, & que la différence des résultats ne provenoit que de la différence des moyens employés. Que résulte-t-il donc de réel de tout ceci, sinon qu'il faut ajouter à la liste des matières fondues par M. Pott, celles d-

calcaire; que les quartz, les criſtaux, les pierres précieuſes, les cailloux, les grès, les granites, porphyres, agates,

M. d'Arcet, & ſe ſouvenir ſeulement que pour fondre les premières il faut le premier moyen, & le ſecond pour fondre les autres! Il n'y a par conſéquent aucune contradiction entre les expériences de M. Pott & celles de M. d'Arcet, que je crois également bonnes; mais tous deux après cette conciliation, auroient encore tort de conclure qu'ils ont fondu par ces deux moyens tout ce qui eſt fuſible dans la Nature, puiſque l'on peut démontrer que par le troiſième moyen, c'eſt-à-dire, par les miroirs ardens, on fond & vitrifie, on volatiliſe & même on brûle quelques matières qui leur ont également paru fixes & réfractaires au feu de leurs fourneaux. Je ne m'arrêterai pas ſur pluſieurs choſes de détail, qui cependant mériteroient animadverſion, parce qu'il eſt toujours utile de ne pas laiſſer germer des idées erronées ou des faits mal vus, & dont on peut tirer de fauſſes conſéquences. M. d'Arcet dit qu'il a remarqué conſtamment que la flamme fait plus d'effet que le feu de charbon: oui ſans doute, ſi ce feu n'eſt pas excité par le vent, mais toutes les fois que le charbon ardent ſera vivifié par un air rapide, il y aura de la flamme qui ſera plus active, & produira de bien plus grands effets que la flamme tranquille. De même lorſqu'il dit que les fourneaux donnent de la chaleur en raiſon de leur épaiſſeur, cela ne peut être vrai que dans le ſeul cas où les fourneaux étant ſuppoſés égaux, le feu qu'ils contiennent, ſeroit en même temps animé par deux courans d'air, égaux en volume & en rapidité; la violence du feu dépend preſqu'en entier de cette rapidité du courant de l'air qui l'anime, je puis le démontrer par ma propre expérience: j'ai vu le grès que M. d'Arcet croit infuſible, couler & ſe couvrir d'émail par le moyen de deux bons ſoufflets, mais ſans le ſecours d'aucun fourneau & à feu ouvert. L'effet des fourneaux épais n'eſt pas d'augmenter la chaleur, mais de la conſerver, & ils la conſervent d'autant plus long-temps qu'ils ſont plus épais.

ardoiſes, gypſes, argiles, les pierres ponces, les laves, les amiantes avec tous les métaux & autres minéraux, ſont vitrifiables par le feu de nos fourneaux, ou par celui des miroirs ardens; tandis que les marbres, les albâtres, les pierres, les craies, les marnes, & les autres ſubſtances qui proviennent du détriment des coquilles & des madrépores, ne peuvent ſe réduire en fuſion par ces moyens. Cependant je ſuis perſuadé que ſi l'on vient à bout d'augmenter encore la force des fourneaux, & ſur-tout la puiſſance des miroirs ardens, on arrivera au point de faire fondre ces matières calcaires qui paroiſſent être d'une nature différente de celle des autres; puiſqu'il y a mille & mille raiſons de croire qu'au fond, leur ſubſtance eſt la même, & que le verre *eſt la baſe* commune de toutes les matières terreſtres.

Par les expériences que j'ai pu faire moi-même, pour comparer la force du feu ſelon qu'on emploie, ou ſa vîteſſe ou ſon volume ou ſa maſſe, j'ai trouvé que le feu des plus grands & des plus puiſſans fourneaux de verrerie, n'eſt qu'un feu foible en comparaiſon de celui des fourneaux à ſoufflets, & que le feu produit au foyer d'un bon miroir ardent, eſt encore plus fort que celui des plus grands fourneaux de forge. J'ai tenu pendant trente-ſix heures, dans l'endroit le plus chaud du fourneau de Rouelle en Bourgogne, où l'on fait des glaces auſſi grandes & auſſi belles qu'à Saint-Gobin en Picardie, & où le feu eſt auſſi violent; j'ai tenu, dis-je, pendant trente-ſix heures à ce feu, de la mine de fer, ſans qu'elle

se soit fondue, ni agglutinée, ni même altérée en aucune manière; tandis qu'en moins de douze heures cette mine coule en fonte dans les fourneaux de ma forge : ainsi ce dernier feu est bien supérieur à l'autre. De même j'ai fondu ou volatilisé au miroir ardent plusieurs matières que, ni le feu des fourneaux de réverbère, ni celui des plus puissans soufflets n'avoit pu faire fondre, & je me suis convaincu que ce dernier moyen est le plus puissant de tous; mais je renvoie à la partie expérimentale de mon ouvrage le détail de ces expériences importantes, dont je me contente d'indiquer ici le résultat général.

On croit vulgairement que la flamme est la partie la plus chaude du feu, cependant rien n'est plus mal fondé que cette opinion; car on peut démontrer le contraire par les expériences les plus aisées & les plus familières. Présentez à un feu de paille ou même à la flamme d'un fagot qu'on vient d'allumer, un linge pour le sécher ou le chauffer, il vous faudra le double & le triple du temps pour lui donner le degré de sécheresse ou de chaleur que vous lui donnerez en l'exposant à un brasier sans flamme, ou même à un poële bien chaud. La flamme a été très-bien caractérisée par Newton, lorsqu'il l'a définie une fumée brûlante *(flamma est fumus candens)*, & cette fumée ou vapeur qui brûle n'a jamais la même quantité, la même intensité de chaleur que le corps combustible duquel elle s'échappe ; seulement en s'élevant & s'étendant au loin elle a la propriété de communiquer le feu, & de le porter plus loin que ne s'étend la chaleur du brasier,

qui ſeule ne ſuffiroit pas pour le communiquer même de près.

Cette communication du feu mérite une attention particulière. J'ai vu, après y avoir réfléchi, que pour la bien entendre il falloit s'aider, non-ſeulement des faits qui paroiſſent y avoir rapport, mais encore de quelques expériences nouvelles, dont le ſuccès ne me paroît laiſſer aucun doute ſur la manière dont ſe fait cette opération de la Nature. Qu'on reçoive dans un moule deux ou trois milliers de fer au ſortir du fourneau, ce métal perd en peu de temps ſon incandeſcence, & ceſſe d'être rouge après une heure ou deux, ſuivant l'épaiſſeur plus ou moins grande du lingot. Si dans ce moment qu'il ceſſe de nous paroître rouge on le tire du moule, les parties inférieures ſeront encore rouges, mais perdront cette couleur en peu de temps. Or tant que le rouge ſubſiſte on pourra enflammer, allumer les matières combuſtibles qu'on appliquera ſur ce lingot; mais dès qu'il a perdu cet état d'incandeſcence, il y a des matières en grand nombre qu'il ne peut plus enflammer; & cependant la chaleur qu'il répand eſt peut-être cent fois plus grande que celle d'un feu de paille qui néanmoins communiqueroit l'inflammation à toutes ces matières; cela m'a fait penſer que la flamme étant néceſſaire à la communication du feu, il y avoit de la flamme dans toute incandeſcence: la couleur rouge ſemble en effet nous l'indiquer; mais par l'habitude où l'on eſt de ne regarder comme flamme que cette matière légère qu'agite & qu'emporte l'air, on

n'a pas pensé qu'il pouvoit y avoir de la flamme assez dense pour ne pas obéir comme la flamme commune à l'impulsion de l'air; & c'est ce que j'ai voulu vérifier par quelques expériences, en approchant par degrés de ligne & de demi-*ligne*, des matières combustibles, près de la surface du métal en incandescence & dans l'état qui suit l'incandescence *(r)*.

Je suis donc convaincu que les matières incombustibles & même les plus fixes, telles que l'or & l'argent, sont, dans l'état d'incandescence, environnées d'une flamme dense qui ne s'étend qu'à une très-petite distance, & qui, pour ainsi dire, est attachée à leur surface, & je conçois aisément que quand la flamme devient dense à un certain degré, elle cesse d'obéir à la fluctuation de l'air. Cette couleur blanche ou rouge qui sort de tous les corps en incandescence & vient frapper nos yeux, est l'évaporation de cette flamme dense qui environne le corps en se renouvelant incessamment à sa surface; & la lumière du soleil même n'est-elle pas l'évaporation de cette flamme dense dont brille sa surface avec si grand éclat! cette lumière ne produit-elle pas, lorsqu'on la condense, les mêmes effets que la flamme la plus vive! ne communique-t-elle pas le feu avec autant de promptitude & d'énergie! ne résiste-t-elle pas comme notre flamme dense à l'impulsion de l'air! ne suit-elle pas toujours une route directe que le

(r) Voyez le détail de ces expériences dans la partie expérimentale de cet ouvrage.

mouvement de l'air ne peut ni contrarier ni changer! puiſqu'en ſoufflant, comme je l'ai éprouvé, avec un fort ſoufflet ſur le cône lumineux d'un miroir ardent, on ne diminue point du tout l'action de la lumière dont il eſt compoſé, & qu'on doit la regarder comme une vraie flamme plus pure & plus denſe que toutes les flammes de nos matières combuſtibles.

C'eſt donc par la lumière que le feu ſe communique, & la chaleur ſeule ne peut produire le même effet que quand elle devient aſſez forte pour être lumineuſe. Les métaux, les cailloux, les grès, les briques, les pierres calcaires, quel que puiſſe être leur degré différent de chaleur, ne pourront enflammer d'autres corps que quand ils ſeront devenus lumineux. L'eau elle-même, cet élément deſtructeur du feu, & par lequel ſeul nous pouvons en empêcher la communication, le communique néanmoins lorſque dans un vaiſſeau bien fermé, tel que celui de la marmite de *Papin (ſ)*, on la pénètre d'une aſſez grande quantité de feu pour la rendre lumineuſe, & capable de fondre le plomb & l'étain; tandis que quand elle n'eſt que bouillante, loin de propager & de communiquer le feu, elle l'éteint ſur le champ. Il eſt vrai que la chaleur ſeule ſuffit pour préparer & diſpoſer les corps combuſtibles à l'inflammation, & les autres à l'incandeſcence; la chaleur chaſſe des corps

(ſ) Dans le *Digeſteur* de Papin, la chaleur de l'eau eſt portée au point de fondre le plomb & l'étain qu'on y a ſuſpendus avec du fil de fer ou de laiton. *Muſſchenbroeck, Eſſai de phyſique, page 434,* cité par M. de Mairan, *Diſſertation ſur la glace, page 192.*

toutes les parties humides, c'eſt-à-dire, l'eau qui de toutes les matières eſt celle qui s'oppoſe le plus à l'action du feu; & ce qui eſt remarquable, c'eſt que cette même chaleur qui dilate tous les corps ne laiſſe pas de les durcir en les ſèchant; je l'ai reconnu cent fois, en examinant les pierres de mes grands fourneaux, ſur-tout les pierres calcaires, elles prennent une augmentation de dureté proportionnée au temps qu'elles ont éprouvé la chaleur; celles, par exemple, des parois extérieures du fourneau, & qui ont reçu ſans interruption, pendant cinq ou ſix mois de ſuite, quatre-vingts ou quatre-vingt-cinq degrés de chaleur conſtante, deviennent ſi dures, qu'on a de la peine à les entamer avec les inſtrumens ordinaires du tailleur de pierres; on diroit qu'elles ont changé de qualité, quoique néanmoins elles la conſervent à tous autres égards, car ces mêmes pierres n'en font pas moins de la chaux comme les autres lorſqu'on leur applique le degré de feu néceſſaire à cette opération.

Ces pierres devenues dures par la longue chaleur qu'elles ont éprouvée, deviennent en même temps ſpécifiquement plus peſantes *(t)*; de-là, j'ai cru devoir tirer une induction qui prouve & même confirme pleinement, que la chaleur, quoiqu'en apparence, toujours fugitive, & jamais ſtable dans les corps qu'elle pénètre, & dont elle ſemble conſtamment s'efforcer de ſortir, y dépoſe néanmoins

(t) Voyez ſur cela les expériences dont je rends compte dans la partie expérimentale de cet ouvrage.

d'une manière très-ſtable beaucoup de parties qui s'y fixent & remplacent en quantité, même plus grande, les parties aqueuſes & autres qu'elle en a chaſſées. Mais ce qui paroît contraire ou du moins très-difficile à concilier ici, c'eſt que cette même pierre calcaire qui devient ſpécifiquement plus peſante par l'action d'une chaleur modérée, long-temps continuée, devient tout-à-coup plus légère de près d'une moitié de ſon poids dès qu'on la ſoumet au grand feu néceſſaire à ſa calcination, & qu'elle perd en même temps, non-ſeulement toute la dureté qu'elle avoit acquiſe par l'action de la ſimple chaleur, mais même ſa dureté naturelle, c'eſt-à-dire, la cohérence de ſes parties conſtituantes; effet ſingulier dont je renvoie l'explication à l'article ſuivant où je traiterai de l'air, de l'eau & de la terre; parce qu'il me paroît tenir encore plus à la nature de ces trois élémens qu'à celle de l'élément du feu.

Mais c'eſt ici le lieu de parler de la calcination priſe généralement, elle eſt pour les corps fixes & incombuſtibles ce qu'eſt la combuſtion pour les matières volatiles & inflammables; la calcination a beſoin, comme la combuſtion, du ſecours de l'air; elle s'opère d'autant plus vîte qu'on lui fournit une plus grande quantité d'air, ſans cela le feu le plus violent ne peut rien calciner, rien enflammer que les matières qui contiennent en elles-mêmes & qui fourniſſent à meſure qu'elles brûlent ou ſe calcinent, tout l'air néceſſaire à la combuſtion ou à la calcination des ſubſtances avec leſquelles on les mêle. Cette néceſſité du concours de l'air dans la calcination

comme dans la combuſtion, indique qu'il y a plus de choſes communes entr'elles qu'on ne l'a ſoupçonné. L'application du feu eſt le principe de toutes deux, celle de l'air en eſt la cauſe ſeconde & preſque auſſi néceſſaire que la première; mais ces deux cauſes ſe combinent inégalement, ſelon qu'elles agiſſent en plus ou moins de temps, avec plus ou moins de force ſur des ſubſtances différentes; il faut pour en raiſonner juſte, ſe rappeler les effets de la calcination & les comparer entr'eux & avec ceux de la combuſtion.

La combuſtion s'opère promptement & quelquefois ſe fait en un inſtant, la calcination eſt toujours plus lente, & quelquefois ſi longue qu'on la croit impoſſible; à meſure que les matières ſont plus inflammables & qu'on leur fournit plus d'air, la combuſtion s'en fait avec plus de rapidité; & par la raiſon inverſe, à meſure que les matières ſont plus incombuſtibles la calcination s'en fait avec plus de lenteur. Et lorſque les parties conſtituantes d'une ſubſtance telle que l'or, ſont non-ſeulement incombuſtibles, mais paroiſſent ſi fixes qu'on ne peut les volatiliſer, la calcination ne produit aucun effet, quelque violente qu'elle puiſſe être. On doit donc conſidérer la calcination & la combuſtion comme des effets du même ordre, dont les deux extrêmes nous ſont déſignés par le phoſphore qui eſt le plus inflammable de tous les corps, & par l'or qui de tous eſt le plus fixe & le moins combuſtible; toutes les ſubſtances compriſes entre ces deux extrêmes, ſeront plus ou moins ſujettes aux effets de la combuſtion ou de

la calcination, ſelon qu'elles s'approcheront plus ou moins de ces deux extrêmes; de ſorte que dans les points milieux, il ſe trouvera des ſubſtances qui éprouveront au feu combuſtion & calcination en degré preſqu'égal; d'où nous pouvons conclure, ſans craindre de nous tromper, que toute calcination eſt toujours accompagnée d'un peu de combuſtion, & que de même toute *combuſtion eſt accompagnée d'un peu de calcination.* Les cendres & les autres réſidus des matières les plus combuſtibles, ne démontrent-ils pas que le feu a calciné toutes les parties qu'il n'a pas brûlées, & que par conſéquent un peu de calcination ſe trouve ici avec beaucoup de combuſtion? La petite flamme qui s'élève de la plupart des matières qu'on calcine, ne démontre-t-elle pas de même *qu'il s'y* fait un peu de combuſtion? ainſi nous ne devons pas ſéparer ces deux effets ſi nous voulons bien ſaiſir les réſultats de l'action du feu ſur les différentes ſubſtances auxquelles on l'applique.

Mais, dira-t-on, la combuſtion détruit les corps ou du moins en diminue toujours le volume ou la maſſe en raiſon de la quantité de matière qu'elle enlève ou conſume; la calcination fait ſouvent le contraire, & augmente la peſanteur d'un grand nombre de matières; doit-on dès-lors conſidérer ces deux effets, dont les réſultats ſont ſi contraires, comme des effets du même ordre? L'objection paroît fondée & mérite réponſe, d'autant que c'eſt ici le point le plus difficile de la queſtion. Je crois néanmoins pouvoir y ſatisfaire pleinement. Conſidérons pour cela une matière

dans

dans laquelle nous supposerons moitié de parties fixes & moitié de parties volatiles ou combustibles ; il arrivera, par l'application du feu, que toutes ces parties volatiles ou combustibles, seront enlevées ou brûlées, & par conséquent séparées de la masse totale ; dès-lors cette masse ou quantité de matière se trouvera diminuée de moitié, comme nous le voyons dans les pierres calcaires qui perdent au feu près de la moitié de leur poids. Mais si l'on continue à appliquer le feu pendant un très-long-temps à cette moitié toute composée de parties fixes, n'est-il pas facile de concevoir que toute combustion, toute volatilisation étant cessées, cette matière au lieu de continuer à perdre de sa masse, doit au contraire en acquérir aux dépens de l'air & du feu dont on ne cesse de la pénétrer ; & celles qui, comme le plomb, ne perdent rien, mais gagnent par l'application du feu, sont des matières déjà calcinées, préparées par la Nature au degré où la combustion a cessé, & susceptibles par conséquent d'augmenter de pesanteur dès les premiers instans de l'application du feu ! Nous avons vu que la lumière s'amortit & s'éteint à la surface de tous les corps qui ne la réfléchissent pas ; nous avons vu que la chaleur, par sa longue résidence, se fixe en partie dans les matières qu'elle pénètre ; nous savons que l'air presqu'aussi nécessaire à la calcination qu'à la combustion, & toujours d'autant plus nécessaire à la calcination que les matières ont plus de fixité, se fixe lui-même dans l'intérieur des corps & en devient partie constituante ; dès-lors n'est-il pas très-naturel de penser que cette

augmentation de peſanteur ne vient que de l'addition des particules de lumière, de chaleur & d'air qui ſe ſont enfin fixées & unies à une matière, contre laquelle elles ont fait tant d'efforts ſans pouvoir ni l'enlever ni la brûler! cela eſt ſi vrai, que quand on leur préſente enſuite une ſubſtance combuſtible avec laquelle elles ont *bien* plus d'analogie ou plutôt de conformité de nature, elles s'en ſaiſiſſent avidement, quittent la matière fixe à laquelle elles n'étoient, pour ainſi dire, attachées que par force, reprennent par conſéquent leur mouvement naturel, leur élaſticité, leur volatilité, & partent toutes avec la matière combuſtible, à laquelle elles viennent de ſe joindre. Dès-lors le métal ou la matière calcinée, à laquelle *vous* avez rendu ces parties volatiles qu'elle avoit *perdues* par ſa combuſtion, reprend ſa première forme, & ſa peſanteur ſe trouve diminuée de toute la quantité des particules de feu & d'air qui s'étoient fixées, & qui viennent d'être enlevées par cette nouvelle *combuſtion*. Tout cela s'opère par la ſeule loi des *affinités*; & après ce qui vient d'être dit, il me ſemble qu'*il* n'y a pas plus de difficulté à concevoir comment la chaux d'un métal ſe *réduit*, que d'entendre comment il ſe précipite en *diſſolution*; la cauſe eſt la même & les effets ſont pareils. Un métal diſſous par un acide ſe précipite lorſqu'on préſente à cet acide une autre ſubſtance avec laquelle il a plus d'affinité qu'avec le métal, l'acide le quitte *alors* & le laiſſe tomber; de même ce métal calciné, *c'eſt-à-dire*, chargé de parties d'air, de chaleur & de feu qui s'étant fixées le tiennent ſous la

forme d'une chaux se précipitera, ou si l'on veut se réduira lorsqu'on présentera à ce feu & à cet air fixés, des matières combustibles avec lesquelles ils ont bien plus d'affinité qu'avec le métal qui reprendra sa première forme dès qu'il sera débarrassé de cet air & de ce feu superflus, & qu'il aura repris, aux dépens des matières combustibles qu'on lui présente, les parties volatiles qu'il avoit perdues.

Cette explication me paroît si simple & si claire, que je ne vois pas ce qu'on peut y opposer. L'obscurité de la chimie vient en grande partie de ce qu'on en a peu généralisé les principes, & qu'on ne les a pas réunis à ceux de la haute physique. Les Chimistes ont adopté les affinités sans les comprendre, c'est-à-dire, sans entendre le rapport de la cause à l'effet, qui néanmoins n'est autre que celui de l'attraction universelle; ils ont créé leur phlogistique sans savoir ce que c'est, & cependant c'est de l'air & du feu fixes; ils ont formé, à mesure qu'ils en ont eu besoin, des êtres idéaux, des *minéralisateurs*, des *terres mercurielles*, des noms, des termes d'autant plus vagues, que l'acception en est plus générale. J'ose dire que M. Macquer *(u)* & M. de Morveau *(x)*, sont les premiers de nos Chimistes qui aient commencé à parler françois *(y)*. Cette science va donc

(u) Dictionnaire de Chimie, *Paris, 1766.*

(x) Digressions académiques. *Dijon, 1772.*

(y) Dans le moment même qu'on imprime ces feuilles, paroît l'ouvrage de M. Baumé, qui a pour titre, *Chimie expérimentale & raisonnée.* L'Auteur, non-seulement y parle une langue intelligible, mais il s'y montre par-tout aussi bon Physicien que grand Chimiste, &

naître puiſqu'on commence à la parler ; & on la parlera d'autant mieux, on l'entendra d'autant plus aiſément qu'on en bannira le plus de mots techniques, qu'on renoncera de meilleure foi à tous ces petits principes ſecondaires tirés de la méthode, qu'on s'occupera davantage de les déduire des principes généraux de la mécanique rationelle, qu'on cherchera avec plus de ſoin à les ramener aux loix de la Nature, & qu'on ſacrifiera plus volontiers la commodité d'expliquer d'une manière précaire & ſelon l'art, les phénomènes de la compoſition ou de la décompoſition des ſubſtances à la difficulté de les préſenter pour tels qu'ils ſont, c'eſt-à-dire, pour des effets particuliers dépendans d'effets plus généraux qui *ſont les ſeules vraies cauſes*, les ſeuls principes réels auxquels on *doive s'attacher* ſi l'on veut avancer *la ſcience de la philoſophie* naturelle.

Je crois avoir *démontré* *(z)* que toutes les petites loix des affinités chimiques, qui paroiſſent ſi variables, ſi différentes entr'elles, ne ſont cependant pas autres que la loi générale de l'attraction commune à toute la matière ; que cette grande loi toujours conſtante, toujours la même, ne paroît varier que par ſon expreſſion, qui ne peut pas être la même lorſque la figure des corps entre comme élément dans leur diſtance. Avec cette nouvelle clef on

j'ai eu la ſatisfaction de voir que quelques-unes de ſes idées générales s'accordent avec les miennes.

(z) Voyez dans cet ouvrage, l'article qui a pour titre, *de la Nature, ſeconde vue.*

pourra ſcruter les ſecrets les plus profonds de la Nature, on pourra parvenir à connoître la figure des parties primitives des différentes ſubſtances; aſſigner les loix & les degrés de leurs affinités; déterminer les formes qu'elles prendront en ſe réuniſſant, &c. Je crois de même avoir fait entendre comment l'impulſion dépend de l'attraction, & que quoiqu'on puiſſe la conſidérer comme une force différente, elle n'eſt néanmoins qu'un effet particulier de cette force unique & générale. J'ai préſenté la communication du mouvement comme impoſſible, autrement que par le reſſort; d'où j'ai conclu que tous les corps de la Nature ſont plus ou moins élaſtiques, & qu'il n'y en a aucun qui ſoit parfaitement dur, c'eſt-à-dire, entièrement privé de reſſort, puiſque tous ſont ſuſceptibles de recevoir du mouvement. J'ai tâché de faire connoître comment cette force unique pouvoit changer de direction, & d'attractive devenir tout-à-coup répulſive. Et de ces grands principes qui tous ſont fondés ſur la mécanique rationelle, j'ai eſſayé de déduire les principales opérations de la Nature, telle que la production de la lumière, de la chaleur, du feu & de leur action ſur les différentes ſubſtances: ce dernier objet qui nous intéreſſe le plus eſt un champ vaſte, dont le défrichement ſuppoſe plus d'un ſiècle, & dont je n'ai pu cultiver qu'un eſpace médiocre, en remettant à des mains plus habiles ou plus laborieuſes, les inſtrumens dont je me ſuis ſervi. Ces inſtrumens ſont les trois moyens d'employer le feu par ſa vîteſſe, par ſon volume & par ſa maſſe, en l'appliquant concurremment aux trois claſſes

des ſubſtances, qui toutes, ou perdent, ou gagnent, ou ne perdent ni ne gagnent par l'application du feu. Les expériences que j'ai faites ſur le refroidiſſement des corps, ſur la peſanteur réelle du feu, ſur la nature de la flamme; ſur le progrès de la chaleur, ſur ſa communication, ſa déperdition, ſa concentration; ſur ſa violente action ſans flamme, &c. ſont encore autant d'inſtrumens qui épargneront beaucoup de travail à ceux qui voudront s'en ſervir, & produiront une très-ample moiſſon de connoiſſances utiles.

DES ÉLÉMENS.

SECONDE PARTIE,

De l'AIR, de l'EAU & de la TERRE.

NOUS avons vu que l'air eſt l'adminicule néceſſaire & le premier aliment du feu qui ne peut ni ſubſiſter ni ſe propager, ni s'augmenter qu'autant qu'il ſe l'aſſimile, le conſomme ou l'emporte ; tandis que de toutes les ſubſtances matérielles, l'air eſt au contraire celle qui paroît exiſter le plus indépendamment & ſubſiſter le plus aiſément, le plus conſtamment ſans le ſecours ou la préſence du feu ; car quoiqu'il ait habituellement la même chaleur à peu près que les autres matières à la ſurface de la terre, il pourroit s'en paſſer, & il lui en faut infiniment moins qu'à toute autre pour entretenir ſa fluidité, puiſque les froids les plus exceſſifs, ſoit naturels, ſoit artificiels ne lui font rien perdre de ſa nature ; que les condenſations les plus fortes ne ſont pas capables de rompre ſon reſſort ; que le feu actif ou plutôt actuellement en exercice ſur les matières combuſtibles, eſt le ſeul agent qui puiſſe altérer ſa nature en le raréfiant, c'eſt-à-dire, en affoibliſſant, en étendant ſon reſſort juſqu'au point de le rendre ſans effet & de détruire ainſi ſon élaſticité. Dans cet état de trop grande expanſion & d'affoibliſſement extrême de ſon reſſort, & dans toutes les nuances qui précèdent cet état, l'air eſt capable de

reprendre ſon élaſticité, à meſure que les vapeurs des matières combuſtibles qui l'avoient affoiblie, s'évaporeront & s'en ſépareront. Mais ſi le reſſort a été totalement affoibli & ſi prodigieuſement étendu qu'il ne puiſſe plus ſe reſſerrer ni ſe reſtituer, ayant perdu toute ſa puiſſance élaſtique, l'air de volatil qu'il étoit auparavant devient une ſubſtance fixe qui s'incorpore avec les autres ſubſtances & fait dès-lors partie conſtituante de toutes celles auxquelles il s'unit par le contact ou dans leſquelles il pénètre à l'aide de la chaleur. Sous cette nouvelle forme il ne peut plus abandonner le feu, que pour s'unir comme matière fixe à d'autres matières fixes ; & s'il en reſte quelques parties inſéparables du feu, elles ſont dès-lors portion de cet élément, elles lui ſervent de baſe & ſe dépoſent avec lui dans les ſubſtances qu'ils échauffent & pénètrent enſemble. Cet effet qui ſe manifeſte dans toutes les calcinations eſt d'autant plus ſûr & d'autant plus ſenſible que la chaleur eſt appliquée plus long-temps ; la combuſtion ne demande que peu de temps pour ſe faire même complettement, au lieu que toute calcination ſuppoſe beaucoup de temps ; il faut pour l'accélérer amener à la ſurface, c'eſt-à-dire, préſenter ſucceſſivement à l'air les matières que l'on veut calciner, il faut les fondre ou les diviſer en parties impalpables pour qu'elles offrent à cet air plus de ſuperficie ; il faut même ſe ſervir de ſoufflets, moins pour augmenter l'ardeur du feu, que pour établir un courant d'air ſur la ſurface des matières ſi l'on veut preſſer leur calcination ; & pour la compléter avec tous ces moyens il faut ſouvent beaucoup

de

de temps *(a)*; d'où l'on doit conclure qu'il faut aussi une assez longue résidence de l'air devenu fixe dans les substances terrestres pour qu'il s'établisse à demeure sous cette nouvelle forme.

Mais il n'est pas nécessaire que le feu soit violent pour faire perdre à l'air son élasticité; le plus petit feu & même une chaleur très-médiocre dès qu'elle est immédiatement & constamment appliquée sur une petite quantité d'air, suffisent pour en détruire le ressort; & pour que cet air sans ressort se fixe ensuite dans les corps, il ne faut qu'un peu plus ou un peu moins de temps, selon le plus ou moins d'affinité qu'il peut avoir sous cette nouvelle forme avec les matières auxquelles il s'unit. La chaleur du corps des animaux & même des végétaux est encore assez puissante pour produire cet effet: les degrés de chaleur sont différens dans les différens genres d'animaux, & à commencer par les oiseaux qui sont les plus chauds de tous, on passe successivement aux quadrupèdes, à l'homme, aux cétacées qui le sont moins; aux reptiles, aux poissons, aux insectes qui le sont beaucoup moins; & enfin aux végétaux dont la chaleur est si petite qu'elle a

(a) Je ne sai si l'on ne calcineroit pas l'or, non pas en le tenant comme Boyle ou Kunkel, pendant un très-long temps dans un fourneau de verrerie, où la vîtesse de l'air n'est pas grande, mais en le mettant près de la tuyère d'un bon fourneau à vent, & le tenant en fusion dans un vaisseau ouvert, où l'on plongeroit une petite spatule, qu'on ajusteroit de manière qu'elle tourneroit incessamment & remueroit continuellement l'or en fusion; car il n'y a pas de comparaison entre la force de ces feux, parce que l'air est ici bien plus accéléré que dans les fourneaux de verrerie.

paru nulle aux Obſervateurs *(b)*; quoiqu'elle ſoit très-réelle & qu'elle ſurpaſſe en hiver celle de l'atmoſphère. J'ai obſervé ſur un grand nombre de gros arbres coupés dans un temps froid, que leur intérieur étoit très-ſenſiblement chaud; & que cette chaleur duroit pendant pluſieurs minutes après leur abattage : ce n'eſt pas le mouvement violent de la coignée ou le frottement bruſque & réitéré de la ſcie qui produiſent ſeuls cette chaleur; car en fendant enſuite ce bois avec des coins, j'ai vu qu'il étoit chaud à deux ou trois pieds de diſtance de l'endroit où l'on avoit placé les coins, & que par conſéquent, il avoit un degré de chaleur aſſez ſenſible dans tout ſon intérieur. Cette chaleur n'eſt que très-médiocre tant que l'arbre eſt jeune & qu'il ſe porte bien; mais dès qu'il commence à vieillir, le cœur s'échauffe par la fermentation de la sève qui n'y circule plus avec la même liberté; cette partie du centre prend en s'échauffant une teinte rouge qui eſt le premier indice du dépériſſement de l'arbre & de la déſorganiſation du bois; j'en ai manié des morceaux dans cet état qui étoient auſſi chauds que ſi on les

(b) « Dans toutes les expériences » que j'ai tentées (dit le docteur » Martine), je n'ai pu découvrir » qu'aucun des végétaux acquît en » vertu du principe de vie un degré » de chaleur ſupérieur à celui du » milieu environnant, & qui pût » être diſtingué; au contraire, » tous les animaux, quelque peu » que leur vie ſoit animée, ont un degré de chaleur plus conſi- « dérable que celui de l'air ou de « l'eau où ils vivent. » *Eſſais ſur les thermomètres, article 37, édition in-12. Paris, 1751.* — « On ne découvre au toucher aucun de- « gré de chaleur dans les plantes, « ſoit dans leurs larmes, ſoit dans « le cœur de leur tige. » *Bacon, nov. Organ. 11, 12.*

eût fait chauffer au feu. Si les Obſervateurs n'ont pas trouvé qu'il y eût aucune différence entre la température de l'air & la chaleur des végétaux, c'eſt qu'ils ont fait leurs obſervations en mauvaiſe ſaiſon, & qu'ils n'ont pas fait attention qu'en été la chaleur de l'air eſt auſſi grande & plus grande que celle de l'intérieur d'un arbre; tandis qu'en hiver c'eſt tout le contraire : ils ne ſe ſont pas ſouvenus que les racines ont conſtamment au moins le degré de chaleur de la terre qui les environne, & que cette chaleur de l'intérieur de la terre eſt pendant tout l'hiver conſidérablement plus grande que celle de l'air & de la ſurface de la terre refroidie par l'air : ils ne ſe ſont pas rappelé que les *rayons du ſoleil* tombant trop vivement ſur *les feuilles* & ſur les autres parties délicates des végétaux, non - ſeulement les échauffent, mais les brûlent ; qu'ils échauffent de même à un très-grand degré l'écorce & le bois dont ils pénètrent la ſurface dans laquelle ils s'amortiſſent & ſe fixent : ils n'ont pas penſé que le mouvement ſeul de la sève, déjà chaude, eſt une cauſe néceſſaire de chaleur, & que ce mouvement venant à augmenter par l'*action du ſoleil* ou d'une autre chaleur extérieure, celle des végétaux doit être d'autant plus grande que le mouvement de leur sève eſt plus accéléré, &c. Je n'inſiſte ſi long-temps ſur ce point qu'à cauſe de ſon importance, l'uniformité du plan de la Nature ſéroit violée ſi ayant accordé à tous les animaux un degré de chaleur ſupérieur à *celui* des matières brutes, elle l'avoit refuſé aux végétaux qui, comme les animaux, ont leur eſpèce de vie.

Mais ici l'air contribue encore à la chaleur animale & vitale, comme nous avons vu plus haut qu'il contribuoit à l'action du feu dans la combustion & la calcination des matières combustibles & calcinables. Les animaux qui ont des poumons, & qui par conséquent respirent l'air, ont toujours plus de chaleur que ceux qui en sont privés; & plus la surface intérieure des poumons est étendue & ramifiée en un plus grand nombre de cellules ou de bronches, plus en un mot elle présente de superficie à l'air que l'animal tire par l'inspiration, plus aussi son sang devient chaud & plus il communique de chaleur à toutes les parties du corps qu'il abreuve ou nourrit; & cette proportion a lieu dans tous les animaux connus. Les oiseaux ont, relativement au volume de leur corps, les poumons considérablement plus étendus que l'homme ou les quadrupèdes; les reptiles, même ceux qui ont de la voix, comme les grenouilles, n'ont au lieu de poumons qu'une simple vessie; les insectes qui n'ont que peu ou point de sang, ne pompent l'air que par quelques trachées, &c. Aussi en prenant le degré de la température de la terre pour terme de comparaison, j'ai vu que cette chaleur étant supposée de 10 degrés, celle des oiseaux étoit de près de 33 degrés, celle de quelques quadrupèdes de plus de 31 ½ degrés, celle de l'homme de 30 ½ ou 31 *(c)*,

---

(c) « A mon thermomètre (dit » le docteur Martine) où le terme » de la congélation est marqué 32, » j'ai trouvé que ma peau, partout où elle étoit bien couverte, « élevoit le mercure au degré 96 « ou 97..... que l'urine nouvellement rendue & reçue dans «

tandis que celle des grenouilles n'est que de 15 ou 16, celle des poissons & des insectes de 11 ou 12, c'est-à-dire, la moindre de toutes, & à très-peu près la même que

» un vase de la même température » qu'elle, est à peine d'un degré » plus chaude que la peau, & nous » pouvons supposer qu'elle est à » peu-près au degré des viscères » voisins.... Dans les quadrupèdes » ordinaires, tels que les chiens, » les chats, les brebis, les bœufs, » les cochons, &c. la chaleur de » la peau élève le thermomètre 4 » ou 5 degrés plus haut que dans » *l'homme*, & le porte aux degrés » 100, 101, 102; & dans quel- » ques-uns au degré 103, ou » même un peu plus haut.... La » chaleur des cétacées est égale à » celle des quadrupèdes..... J'ai » trouvé que la chaleur de la peau » du veau marin étoit proche du » degré 102, & celle de la cavité » de l'abdomen environ un degré » plus haut .... Les oiseaux sont » les plus chauds de tous les ani- » maux, & surpassent de 3 ou 4 » degrés les quadrupèdes, suivant » l'expérience que j'en ai faite » moi-même sur les canards, les » oies, les poules, les pigeons, les » perdrix, les hirondelles; la boule du thermomètre placée entre « leurs cuisses, le mercure s'éle- « voit aux degrés 103, 104, « 105, 106, 107. » Le même Observateur a reconnu que les chenilles n'avoient que très-peu de chaleur, environ 2 ou 3 degrés au-dessus de l'air dans lequel elles vivent. « Ainsi, dit-il, la classe des animaux froids est formée « par toute la famille des insectes, « hormis les abeilles qui font une « exception singulière *........ « J'ai trouvé par des expériences «

* *Nota.* Je ne sai pas s'il faut faire ici une exception pour les abeilles, comme l'ont fait la plupart de nos Observateurs, qui prétendent que ces mouches ont autant de chaleur que les animaux qui respirent, parce que leur ruche est aussi chaude que le corps de ces animaux: il me semble que cette chaleur de l'intérieur de la ruche n'est point du tout la chaleur de chaque abeille; mais la somme totale de la chaleur qui s'évapore des corps de neuf ou dix mille individus réunis dans cet espace où leur mouvement continuel doit l'augmenter encore, & en divisant cette somme générale de chaleur par la quantité particulière de chaleur qui s'évapore de chaque individu, on trouveroit peut-être que l'abeille n'a pas plus de chaleur qu'une autre mouche.

celle des végétaux. Ainsi le degré de chaleur dans l'homme & dans les animaux, dépend de la force & de l'étendue des poumons; ce sont les soufflets de la machine animale, ils en entretiennent & augmentent le feu selon qu'ils sont plus ou moins puissans, & que leur mouvement est plus ou moins prompt. La seule difficulté est de concevoir comment ces espèces de soufflets (dont la construction est aussi supérieure à celle de nos soufflets d'usage que la Nature est au-dessus de nos arts), peuvent porter l'air sur le feu qui nous anime; feu dont le foyer paroît assez indé-

» fréquentes, que la chaleur d'un » essaim d'abeilles élevoit le thermomètre qui en étoit entouré, » au degré 97, chaleur qui ne le » cède point à la nôtre. La chaleur » des autres animaux d'une vie » foible excède peu la chaleur du » milieu environnant, à peine distingue-t-on quelques différences » dans les moules & dans les huîtres, très-peu dans les carrelets, » les merlans, les merlus & autres » poissons à ouïes, qui m'ont tous » paru avoir à peine un degré de » plus que l'eau de mer dans laquelle ils vivoient, & qui étoit » lors de mon observation au » degré 41. Enfin, il n'y en a » guère plus dans les poissons de » rivière, & quelques truites que j'ai examinées, étoient au degré 62, pendant que l'eau de la rivière étoit au degré 61..... Suivant le résultat de plusieurs expériences, j'ai trouvé que les limaçons étoient de 2 degrés plus chauds que l'air. Les grenouilles & les tortues de terre m'ont paru avoir quelque chose de plus, & environ 5 degrés de plus que l'air qu'elles respiroient..... J'ai aussi examiné la chaleur d'une carpe & celle d'une anguille, & j'ai trouvé qu'elles excédoient à peine la chaleur de l'eau où ces poissons vivoient, & qui étoit au degré 54. » *Essais sur les thermomètres, art. 38, 39, 40, 41, 44, 45, 46 & 47.*

terminé, feu qu'on n'a pas même voulu qualifier de ce nom parce qu'il est sans flamme, sans fumée apparente, & que sa chaleur n'est que très-médiocre & assez uniforme. Cependant si l'on considère que la chaleur & le feu sont des effets & même des élémens du même ordre; si l'on se rappelle que la chaleur raréfie l'air, & qu'en étendant son ressort elle peut l'affoiblir au point de le rendre sans effet; on pourra penser que cet air tiré par nos poumons s'y raréfiant beaucoup, doit perdre son ressort dans les bronches & dans les petites vésicules où il ne peut pénétrer qu'en très-petit volume, & en bulles dont le ressort, déjà très-étendu, sera bientôt détruit par la chaleur du sang artériel & veineux: car ces vaisseaux du sang ne sont *séparés des vésicules pulmonaires qui reçoivent l'air*, que par des cloisons si minces, qu'elles laissent aisément passer cet air dans le sang où il ne peut manquer de produire le même effet que sur le feu commun; parce que le degré de chaleur de ce sang, est plus que suffisant pour détruire en entier l'élasticité des particules d'air, les fixer & les entraîner sous cette nouvelle forme dans toutes les voies *de la circulation*. Le feu du corps animal ne diffère du feu commun que du moins au plus, le degré de chaleur est moindre; dès-lors il n'y a point de flamme, parce que les vapeurs qui s'élèvent & qui représentent la fumée de ce feu, n'ont pas assez de chaleur pour s'enflammer ou devenir ardentes, & qu'étant d'ailleurs mêlées de beaucoup de parties humides qu'elles enlèvent avec elles, ces vapeurs ou cette fumée ne peuvent ni s'allumer ni

brûler *(d)*, tous les autres effets sont absolument les mêmes; la respiration d'un petit animal absorbe autant d'air que la lumière d'une chandelle; dans des vaisseaux fermés,

d) J'ai fait une grande expérience au sujet de l'inflammation de la fumée. J'ai rempli de charbon sec & conservé à couvert depuis plus de six mois, deux de mes fourneaux, qui ont également 14 pieds de hauteur, & qui ne diffèrent dans leur construction que par les proportions des dimensions en largeur, le premier contenant juste un tiers de plus que le second. J'ai rempli l'un avec 1200 livres de ce charbon, & l'autre avec 800 livres, & j'ai adapté au plus grand un tuyau d'aspiration, construit avec un chassis de fer, garni de tôle, qui avoit 13 pouces en quarré sur 10 pieds de hauteur; je lui avois donné 13 pouces sur les quatre côtés, pour qu'il remplît exactement l'ouverture supérieure du fourneau, qui étoit quarrée, & qui avoit 13 pouces ½ de toutes faces; avant de remplir ces fourneaux, on avoit préparé dans le bas une petite cavité en forme de voûte, soutenue par des bois secs, sous lesquels on mit le feu au moment qu'on commença de charger de charbon; ce feu qui d'abord étoit vif, se ralentit à mesure qu'on chargeoit, cependant il subsista toujours sans s'éteindre, & lorsque les fourneaux furent remplis en entier, j'en examinai le progrès & le produit, sans le remuer & sans y rien ajouter; pendant les six premières heures, la fumée qui avoit commencé de s'élever au moment qu'on avoit commencé de charger, étoit très-humide, ce que je reconnoissois aisément par les gouttes d'eau qui paroissoient sur les parties extérieures du tuyau d'aspiration, & ce tuyau n'étoit encore au bout de six heures que médiocrement chaud, car je pouvois le toucher aisément. On laissa le feu, le tuyau & les fourneaux pendant toute la nuit dans cet état; la fumée continuant toujours, devint si abondante, si épaisse & si noire, que le lendemain en arrivant à mes forges, je crus qu'il y avoit un incendie. L'air étoit calme, & comme

fermés, de capacités égales, l'animal meurt en même temps que la chandelle s'éteint; rien ne peut démontrer plus évidemment que le feu de l'animal & celui de la chandelle

---

comme le vent ne diſſipoit pas la fumée, elle enveloppoit les bâtimens & les déroboit à ma vue; elle duroit déjà depuis vingt-ſix heures. J'allai à mes fourneaux, je trouvai que le feu qui n'étoit allumé qu'à la partie du bas, n'avoit pas augmenté, qu'il ſe ſoutenoit au même degré; mais la fumée qui avoit donné de l'humidité dans les ſix premières heures, étoit devenue plus sèche, & paroiſſoit néanmoins toute auſſi noire. Le tuyau d'aſpiration ne pompoit pas davantage, il étoit ſeulement un peu plus chaud, & la fumée ne formoit plus de gouttes ſur ſa ſurface extérieure; la cavité des fourneaux, qui avoit 14 pieds de hauteur, ſe trouva vide au bout des vingt-ſix heures, d'environ 3 pieds; je les fis remplir, l'un avec 50, & l'autre avec 75 livres de charbon, & je fis remettre tout de ſuite le tuyau d'aſpiration qu'on avoit été obligé d'enlever pour charger. Cette augmentation d'aliment n'augmenta pas le feu ni même la fumée, elle ne changea rien à l'état précédent; j'obſervai le tout pendant huit heures de ſuite, m'attendant à tout inſtant à voir paroître la flamme, & ne concevant pas pourquoi cette fumée d'un charbon ſi ſec, & ſi sèche elle-même, qu'elle ne dépoſoit pas la moindre humidité, ne s'enflammoit pas d'elle-même, après trente-quatre heures de feu toujours ſubſiſtant au bas des fourneaux. Je les abandonnai donc une ſeconde fois dans cet état, & donnai ordre de n'y pas toucher. Le jour ſuivant, douze heures après les trente-quatre, je trouvai le même brouillard épais, la même fumée noire couvrant mes bâtimens; & ayant viſité mes fourneaux, je vis que le feu d'en bas étoit toujours le même, la fumée la même & ſans aucune humidité, & que la cavité des fourneaux étoit vide de 3 pieds 2 pouces dans le plus petit, & de 2 pieds 9 pouces ſeulement dans le plus grand, auquel étoit adapté le tuyau d'aſpiration, je le remplis avec 66 livres de charbon, & l'autre avec 54, & je

ou de toute autre matière combustible allumée, sont des feux non-seulement du même ordre, mais d'une seule & même nature, auxquels le secours de l'air est également

---

résolus d'attendre aussi long temps qu'il seroit nécessaire pour savoir si cette fumée ne viendroit pas enfin à s'enflammer; je passai neuf heures à l'examiner de temps à autre; elle étoit très-sèche, très-suffocante, très-sensiblement chaude, mais toujours noire & sans flamme au bout de cinquante-cinq heures. Dans cet *état*, je la laissai pour la *troisième fois*. Le jour suivant, treize heures après les cinquante-cinq, je la retrouvai encore de même, le charbon de mes fourneaux baissé de même; & comme je réfléchissois sur cette consommation de charbon sans flamme, qui étoit d'environ moitié de la consommation qui s'en fait dans le même temps & dans les mêmes fourneaux, lorsqu'il y a de la flamme; je commençai à croire que je pourrois bien user beaucoup de charbon, sans avoir de flamme, puisque depuis trois jours on avoit chargé trois fois les fourneaux (car j'oubliois de dire que ce jour même on venoit de remplir la cavité vide du grand fourneau, avec 80 livres de charbon, & celle du petit avec 60 livres); je les laissai néanmoins fumer encore plus de cinq heures. Après avoir perdu l'espérance de voir cette fumée *s'enflammer d'elle-même*, je la vis tout d'un coup prendre feu, & faire une espèce d'explosion dans l'instant même qu'on lui présenta la flamme légère d'une poignée de paille; le tourbillon entier de la fumée *s'enflamma* jusqu'à 8 à 10 pieds de distance & autant de hauteur; la flamme pénétra la masse du charbon, & descendit dans le même moment jusqu'au bas du fourneau, & continua de brûler à la manière ordinaire; le charbon se consommoit une fois plus vîte, quoique le feu d'en bas ne parût guère plus animé; mais je suis convaincu que mes fourneaux auroient éternellement fumé, si l'on n'eût pas allumé la fumée; & rien ne me prouva mieux que la flamme n'est que de la fumée qui brûle, & que la communication du feu ne peut se faire que par la flamme.

néceſſaire; & qui tous deux ſe l'approprient de la même manière, l'abſorbent comme aliment, l'entraînent dans leur route ou le dépoſent ſous une forme fixe dans les ſubſtances qu'ils pénètrent.

Les végétaux & la plupart des inſectes n'ont, au lieu de poumons, que des tuyaux aſpiratoires, des eſpèces de trachées par leſquelles ils ne laiſſent pas de pomper tout l'air qui leur eſt néceſſaire; on le voit paſſer en bulles très-ſenſibles dans la sève de la vigne; il eſt non-ſeulement pompé par les racines, mais ſouvent même par les feuilles; il fait partie & partie très-eſſentielle de la nourriture du végétal qui dès-lors ſe l'aſſimile, le fixe & le conſerve. Le petit degré de la *chaleur végétale*, joint à celui de la *chaleur du ſoleil*, ſuffit pour détruire le reſſort de l'air contenu dans la sève, ſur-tout lorſque cet air qui n'a pu être admis dans le corps de la plante & arriver à la sève, qu'après avoir paſſé par des tuyaux très-ſerrés, ſe trouve diviſé en particules preſque infiniment petites, que le moindre degré de chaleur ſuffit pour rendre fixes. L'expérience confirme pleinement tout ce que je viens d'avancer; les *matières animales & végétales* contiennent toutes une très-grande quantité *de cet air fixe*; & c'eſt en quoi conſiſte l'un des principes de leur *inflammabilité*; toutes les matières combuſtibles contiennent beaucoup d'air, tous les animaux & les végétaux, toutes leurs parties, tous leurs détrimens, toutes les matières qui en proviennent, toutes les ſubſtances où ces détrimens ſe trouvent mélangés, contiennent plus ou moins d'air fixe, & la plupart

renferment aussi une certaine quantité d'air élastique. On ne peut douter de ces faits dont la certitude est acquise par les belles expériences du docteur Hales, & dont les Chimistes ne me paroissent pas avoir senti toute la valeur, car ils auroient reconnu depuis long-temps que l'air fixe doit jouer en grande partie le rôle de leur phlogistique, ils n'auroient pas adopté ce terme nouveau qui ne répond à aucune idée précise, & ils n'en auroient pas fait la base de toutes leurs explications des phénomènes chimiques, ils ne l'auroient pas donné pour un être identique & toujours le même, puisqu'il est composé d'air & de feu, tantôt dans un état fixe & tantôt dans celui de la plus grande volatilité. Et ceux d'entr'eux *qui ont regardé le* phlogistique comme le *produit du feu élémentaire ou* de la lumière, *se sont moins éloignés de la vérité*, parce que le feu ou la lumière produisent, par le secours de l'air tous les effets du phlogistique.

Les minéraux qui, comme les soufres & les pyrites, contiennent dans leur substance une quantité plus ou moins grande des détrimens ultérieurs des animaux & des végétaux, renferment dès-lors des parties combustibles qui, comme toutes les autres, contiennent plus ou moins d'air fixe, mais toujours beaucoup moins que les substances purement animales ou végétales : on peut également leur enlever cet air fixe par la combustion ; on peut aussi le dégager par le moyen de l'effervescence ; & dans les matières animales & végétales on le dégage par la simple fermentation qui, comme la combustion, a toujours besoin

d'air pour s'opérer. Ceci s'accorde si parfaitement avec l'expérience que je ne crois pas devoir insister sur la preuve des faits. Je me contenterai d'observer que les soufres & les pyrites ne sont pas les seuls minéraux qu'on doive regarder comme combustibles, qu'il y en a beaucoup d'autres dont je ne ferai point ici l'énumération parce qu'il suffit de dire que leur degré de combustibilité dépend ordinairement de la quantité de soufre qu'ils contiennent. Tous les minéraux combustibles tirent donc originairement cette propriété ou du mélange des parties animales & végétales qui sont incorporées avec eux, ou des particules de lumière, de chaleur & d'air qui par le laps de temps se sont fixées dans leur intérieur. Rien selon moi *n'est combustible que ce qui a été formé par une chaleur douce, c'est-à-dire par ces mêmes élemens* combinés dans toutes les substances que le soleil *(e)* éclaire & vivifie, ou dans celles que la chaleur intérieure de la terre fomente & réunit.

(e) Voici une observation qui semble démontrer que la lumière a plus d'affinité avec les substances combustibles qu'avec toutes les autres matières. On sait que la puissance réfractive des corps transparens est proportionnelle à leur densité; le verre plus dense que l'eau, a proportionnellement une plus grande force réfringente, & en augmentant la densité du verre & de l'eau, l'on augmente à mesure leur force de réfraction. Cette proportion s'observe dans toutes les matières transparentes, & qui sont en même temps incombustibles. Mais les matières inflammables, telles que l'esprit de vin, les huiles transparentes, l'ambre, &c. ont une puissance réfringente plus grande que les autres; en sorte que l'attraction que ces matières

C'eſt cette chaleur intérieure du globe de la terre que l'on doit regarder comme le vrai feu élémentaire, & il faut le diſtinguer de celui du ſoleil qui ne nous parvient qu'avec la lumière; tandis que l'autre quoique bien plus conſidérable, n'eſt ordinairement que ſous la forme d'une chaleur obſcure, & que ce n'eſt que dans quelques circonſtances, comme celles de l'électricité, qu'il prend de la lumière. Nous avons déjà dit que la ſomme de cette chaleur priſe pendant l'année entière & pendant grand nombre d'années de ſuite, eſt trois cents ou quatre cents fois plus grande que la ſomme de la chaleur qui nous vient du ſoleil pendant le même temps; c'eſt une vérité qui peut paroître ſingulière, mais qui n'en eſt pas moins évidemment démontrée *(f)*. Comme nous en avons parlé diſertement, nous nous

---

exercent ſur la lumière, & qui provient de leur maſſe ou denſité, eſt conſidérablement augmentée par l'affinité particulière qu'elles ont avec la lumière. Si cela n'étoit pas, leur force réfringente, ſeroit comme celle de toutes les autres matières, proportionnelle à leur denſité; mais les matières inflammables attirent plus puiſſamment la lumière, & ce n'eſt que par cette raiſon qu'elles ont plus de puiſſance réfractive que les autres. Le diamant même ne fait pas une exception à cette loi; on doit le mettre au nombre des matières combuſtibles, on le brûle au miroir ardent; il a avec la lumière autant d'affinité que les matières inflammables, car ſa puiſſance réfringente eſt plus grande qu'elle ne devroit l'être à proportion de ſa denſité. Il a en même temps la propriété de s'imbiber de la lumière & de la conſerver aſſez long temps; les phénomènes de ſa réfraction doivent tenir en partie à ces propriétés.

(f) Voyez le Mémoire de M. de Mairan, dans ceux de l'Académie royale des Sciences, *année 1765, page 143.*

contenterons de remarquer ici que cette chaleur conſtante, & toujours ſubſiſtante, entre comme élément dans toutes les combinaiſons des autres élémens, & qu'elle eſt plus que ſuffiſante pour produire ſur l'air les mêmes effets que le feu actuel ou la chaleur animale; que par conſéquent cette chaleur intérieure de la terre détruira l'élaſticité de l'air & le fixera toutes les fois qu'étant diviſé en parties très-petites, il ſe trouvera ſaiſi par cette chaleur dans le ſein de la terre; que ſous cette nouvelle forme il entrera comme partie fixe dans un grand nombre de ſubſtances, leſquelles contiendront dès-lors des particules d'air fixe & de chaleur fixe qui ſont les premiers principes de la combuſtibilité. Mais ils ſe trouveront en plus ou moins *grande quantité dans les différentes ſubſtances ſelon le* degré d'affinité qu'ils auront avec elles; & ce degré dépendra beaucoup de la quantité que ces ſubſtances contiendront de parties animales & végétales qui paroiſſent être la baſe de toute matière combuſtible; ſi elles y ſont abondamment répandues ou foiblement incorporées, on pourra toujours les dégager de ces ſubſtances par le moyen de la combuſtion. La plupart des minéraux métalliques & même des métaux, contiennent une aſſez grande quantité de parties combuſtibles; le zinc, l'antimoine, le fer, le cuivre &c. brûlent & produiſent une flamme évidente & très-vive, tant que dure la combuſtion de ces parties inflammables qu'ils contiennent. Après quoi ſi on continue le feu, la combuſtion finie, commence la calcination pendant laquelle il rentre dans ces matières

de nouvelles parties d'air & de chaleur qui s'y fixent & qu'on ne peut en dégager qu'en leur préſentant quelque matière combuſtible avec laquelle ces parties d'air & de chaleur fixes ont plus d'affinité qu'avec celle du minéral auxquelles en effet elles ne ſont unies que par force, c'eſt-à-dire par l'effort de la calcination. Il me ſemble que la converſion des ſubſtances métalliques en chaux, & leur réduction, pourront maintenant être très-clairement entendues ſans qu'il ſoit beſoin de recourir à des principes ſecondaires ou à des hypothèſes arbitraires pour leur explication. La réduction, comme je l'ai déjà inſinué, n'eſt dans le réel qu'une ſeconde combuſtion par laquelle on dégage les parties d'air & de chaleur fixes que la calcination avoit forcé d'entrer dans le métal & de s'unir à ſa ſubſtance fixe à laquelle on rend en même temps les parties volatiles & combuſtibles que la première action du feu lui avoit enlevées.

Après avoir préſenté le grand rôle que l'air fixe joue dans les opérations les plus ſecrettes de la Nature, conſidérons-le pendant quelques inſtans lorſque, ſous la forme élaſtique, il réſide dans les corps; ſes effets ſont alors auſſi variables que les degrés de ſon élaſticité; ſon action, quoique toujours la même, ſemble donner des produits différens dans les ſubſtances différentes. Pour en ramener la conſidération à un point de vue général, nous le comparerons avec l'eau & la terre comme nous l'avons déjà comparé avec le feu; les réſultats de cette comparaiſon entre les quatre élémens s'appliqueront

enſuite

enſuite aiſément à toutes les ſubſtances de quelque nature qu'elles puiſſent être, puiſque toutes ne ſont compoſées que de ces quatre principes réels.

Le plus grand froid connu ne peut détruire le reſſort de l'air, & la moindre chaleur ſuffit pour cet effet, ſur-tout lorſque ce fluide eſt diviſé en parties très-petites. Mais il faut obſerver qu'entre ſon état de fixité & celui de ſa pleine élaſticité, il y a toutes les nuances des états moyens, & que c'eſt preſque toujours dans quelques-uns de ces états moyens qu'il réſide dans la terre & dans l'eau, ainſi que dans toutes les ſubſtances qui en ſont compoſées; par exemple, on ne pourra pas douter que l'eau qui nous paroît une ſubſtance ſi ſimple ne contienne une certaine quantité d'air qui *n'eſt ni fixe ni élaſtique*, mais *entre la fixité & l'élaſticité*, ſi l'on fait attention aux différens phénomènes qu'elle nous préſente dans ſa congélation, dans ſon ébullition, dans ſa réſiſtance à toute compreſſion, &c. car la Phyſique expérimentale nous démontre que l'eau eſt incompreſſible, au lieu de s'affaiſſer & de rentrer en elle-même lorſqu'on la force par la preſſe, elle paſſe à travers les vaiſſeaux les plus ſolides & les plus épais: or, ſi l'air qu'elle contient en aſſez grande quantité y étoit dans ſon état de pleine élaſticité, l'eau ſeroit compreſſible en raiſon de cette quantité d'air élaſtique qu'elle contient & qui ſe comprimeroit. Donc l'air contenu dans l'eau n'y *eſt* pas ſimplement mêlé & n'y conſerve pas ſa forme *élaſtique*, mais y eſt plus intimement uni dans un état où ſon reſſort ne s'exerce plus d'une manière ſenſible; &

néanmoins ce reſſort n'y eſt pas entièrement détruit; car ſi l'on expoſe l'eau à la congélation, on voit cet air ſortir de ſon intérieur & ſe réunir à ſa ſurface en bulles élaſtiques; ceci ſeul ſuffiroit pour prouver que l'air n'eſt pas contenu dans l'eau ſous ſa forme ordinaire, puiſqu'étant ſpécifiquement huit cents cinquante fois plus léger, il ſeroit forcé d'en ſortir par la ſeule néceſſité de la prépondérance de l'eau; il eſt donc évident que l'air contenu dans l'eau, n'y eſt pas dans ſon état ordinaire, c'eſt-à-dire, de pleine élaſticité; & en même temps il eſt démontré que cet état dans lequel il réſide dans l'eau n'eſt pas celui de ſa plus grande fixité, où ſon reſſort abſolument détruit ne peut ſe rétablir que par la combuſtion, puiſque la chaleur ou le froid peuvent également le rétablir; il ſuffit de faire chauffer ou geler de l'eau pour que l'air qu'elle contient reprenne ſon élaſticité & s'élève en bulles ſenſibles à ſa ſurface, il s'en dégage de même lorſque l'eau ceſſe d'être preſſée par le poids de l'atmoſphère ſous le récipient de la machine pneumatique; il n'eſt donc pas contenu dans l'eau ſous une forme fixe, mais ſeulement dans un état moyen où il peut aiſément reprendre ſon reſſort; il n'eſt pas ſimplement mêlé dans l'eau puiſqu'il ne peut y réſider ſous ſa forme élaſtique, mais auſſi il ne lui eſt pas intimement uni ſous ſa forme fixe puiſqu'il s'en ſépare plus aiſément que de toute autre matière.

On pourra m'objecter avec raiſon que le froid & le chaud n'ont jamais opéré de la même façon; que ſi l'une de ces cauſes rend à l'air ſon élaſticité, l'autre doit la

détruire, & j'avoue que pour l'ordinaire le froid & le chaud produisent des effets différens; mais dans la substance particulière que nous considérons, ces deux causes quoique opposées donnent le même effet; on pourra le concevoir aisément en faisant attention à la chose même & au rapport de ses circonstances. L'on sait que l'eau, soit gelée, soit bouillie, reprend l'air qu'elle avoit perdu dès qu'elle se liquéfie ou qu'elle se refroidit; le degré d'affinité de l'air avec l'eau dépend donc en grande partie de celui de sa température, ce degré dans son état de liquidité est à peu près le même que celui de la chaleur générale à la surface de la terre; l'air avec lequel elle a beaucoup d'affinité la pénètre aussitôt *qu'il est divisé* en parties très-tenues, & *le degré de la* chaleur élémentaire & générale, suffit pour affoiblir le ressort de ces petites parties, au point de le rendre sans effet, tant que l'eau conserve cette température; mais si le froid vient à la pénétrer, ou pour parler plus précisément, si ce degré de chaleur nécessaire à cet état de l'air vient à diminuer, alors son ressort qui n'est pas entièrement détruit se rétablira par le froid, & l'on verra les bulles *élastiques s'élever* à la surface de l'eau prête à se congeler. *Si au* contraire l'on augmente le degré de la température de l'eau par une chaleur extérieure, on en divise trop les parties intégrantes, on les rend volatiles, & l'air qui ne leur étoit que foiblement uni s'élève & s'échappe avec elles. Car il faut se rappeler que quoique l'eau prise en masse soit incompressible & sans aucun ressort, elle est très-élastique dès qu'elle est divisée ou réduite en petites parties;

& en ceci elle paroît être d'une nature contraire à celle de l'air qui n'est compressible qu'en masse & qui perd son ressort dès qu'il est trop divisé. Néanmoins l'air & l'eau ont beaucoup plus de rapports entr'eux que de propriétés opposées, & comme je suis très-persuadé que toute la matière est convertible, & que les quatre élémens peuvent se transformer, je serois porté à croire que l'eau peut se changer en air lorsqu'elle est assez raréfiée pour s'élever en vapeurs: car le ressort de la vapeur de l'eau est aussi & même plus puissant que le ressort de l'air; on voit le prodigieux effet de cette puissance dans les pompes à feu, on voit la terrible explosion qu'elle produit lorsqu'on laisse tomber du métal fondu sur quelques gouttes d'eau; & si l'on ne veut pas convenir avec moi que l'eau puisse dans cet état de vapeurs se transformer en air, on ne pourra du moins nier qu'elle n'en ait alors les principales propriétés.

L'expérience m'a même appris que la vapeur de l'eau peut entretenir & augmenter le feu comme le fait l'air ordinaire; & cet air, que nous pourrions regarder comme pur, est toujours mêlé avec une très-grande quantité d'eau; mais il faut remarquer comme chose importante, que la proportion du mélange n'est pas à beaucoup près la même dans ces deux élémens; l'on peut dire en général qu'il y a beaucoup moins d'air dans l'eau que d'eau dans l'air; seulement il faut considérer qu'il y a deux unités très-différentes, auxquelles on pourroit rapporter les termes de cette proportion; ces deux unités sont le volume & la masse. Si on estime la quantité d'air contenue dans l'eau

par le volume, elle paroîtra nulle, puiſque le volume de l'eau n'en eſt point du tout augmenté ; & de même l'air plus ou moins humide ne nous paroît pas changer de volume, cela n'arrive que quand il eſt plus ou moins chaud ; ainſi ce n'eſt point au volume qu'il faut rapporter cette proportion, c'eſt à la maſſe ſeule, c'eſt-à-dire, à la quantité réelle de matière dans l'un & l'autre de ces deux élémens, qu'on doit comparer celle de leur mélange, & l'on verra que l'air eſt beaucoup plus *aqueux* que l'eau n'eſt *aërienne* peut-être dans la proportion de la maſſe, c'eſt-à-dire huit cents cinquante fois davantage. Quoi qu'il en ſoit de cette eſtimation, qui eſt peut-être ou trop forte ou trop foible, nous pouvons en tirer l'induction que l'eau doit ſe changer plus aiſément en air, que l'air ne peut ſe transformer en eau. Les parties de l'air, quoique ſuſceptibles d'être extrêmement diviſées, paroiſſent être plus groſſes que celles de l'eau, puiſque celle-ci paſſe à travers pluſieurs filtres que l'air ne peut pénétrer ; puiſque quand elle eſt raréfiée par la chaleur, ſon volume, quoique fort augmenté, n'eſt qu'égal ou un peu plus grand que celui des parties de l'air à la ſurface de la terre ; car les vapeurs de l'eau ne s'élèvent dans l'air qu'à une certaine hauteur ; enfin puiſque l'air ſemble s'imbiber d'eau comme une éponge, la contenir en grande quantité, & que le contenant eſt néceſſairement plus grand que le contenu. Au reſte, l'air qui s'imbibe ſi volontiers de l'eau, ſemble la rendre de même lorſqu'on lui préſente des ſels ou d'autres ſubſtances avec leſquelles l'eau a encore plus d'affinité qu'avec lui.

L'effet que les Chimistes appellent *défaillance*, & même celui des *efflorescences* démontrent non-seulement qu'il y a une très-grande quantité d'eau contenue dans l'air, mais encore que cette eau n'y est attachée que par une simple affinité qui cède aisément à une affinité plus grande, & qui même cesse d'agir sans être combattue ou balancée par aucune autre affinité, mais par la seule raréfaction de l'air, puisqu'il se dégage de l'eau dès qu'elle cesse d'être pressée par le poids de l'atmosphère, sous le récipient de la machine pneumatique.

Dans l'ordre de la conversion des élémens, il me semble que l'eau est pour l'air ce que l'air est pour le feu, & que toutes les transformations de la Nature dépendent de celles-ci. L'air, comme aliment du feu, s'assimile avec lui, & se transforme en ce premier élément; l'eau raréfiée par la chaleur se transforme en une espèce d'air capable d'alimenter le feu comme l'air ordinaire; ainsi le feu a un double fonds de subsistance assurée; s'il consomme beaucoup d'air, il peut aussi en produire beaucoup par la raréfaction de l'eau, & réparer ainsi dans la masse de l'atmosphère toute la quantité qu'il en détruit, tandis qu'ultérieurement il se convertit lui-même avec l'air en matière fixe dans les substances terrestres qu'il pénètre par sa chaleur ou par sa lumière.

Et de même que d'une part l'eau se convertit en air ou en vapeurs aussi volatiles que l'air par sa raréfaction, elle se convertit en une substance solide par une espèce de condensation différente des condensations ordinaires.

Tout fluide se raréfie par la chaleur & se condense par le froid; l'eau suit elle-même cette loi commune, & se condense à mesure qu'elle refroidit; qu'on en remplisse un tube de verre jusqu'aux trois quarts, on la verra descendre à mesure que le froid augmente, & se condenser comme font tous les autres fluides; mais quelque temps avant l'instant de la congélation on la verra remonter au-dessus du point des trois quarts de la hauteur du tube, & s'y renfler encore considérablement en se convertissant en glace. Mais si le tube est bien bouché & parfaitement en repos, l'eau continuera de baisser, & ne se gèlera pas, quoique le degré de froid soit de 6, 8 ou 10 degrés au-dessous du terme de la glace, & l'eau ne gèlera que quand on ouvrira le tube ou qu'on le remuera. Il semble donc que la congélation nous présente d'une manière inverse les mêmes phénomènes que l'inflammation. Quelque intense, quelque grande que soit une chaleur renfermée dans un vaisseau bien clos, elle ne produira l'inflammation que quand elle touchera quelque matière enflammée; & de même à quelque degré qu'un fluide soit refroidi, il ne gèlera pas sans toucher quelque substance déjà gelée; & c'est ce qui arrive lorsqu'on remue ou débouche le tube, les particules de l'eau qui sont gelées dans l'air extérieur ou dans l'air contenu dans le tube, viennent, lorsqu'on le débouche ou le remue, frapper la surface de l'eau & lui communiquent leur glace. Dans l'inflammation, l'air d'abord très-raréfié par la chaleur, perd son volume & se fixe tout-à-coup; dans la congélation l'eau d'abord

condensée par le froid, reprend plus de volume & se fixe de même. Car la glace est une substance solide, plus légère que l'eau & qui conserveroit sa solidité si le froid étoit toujours le même. Et je suis porté à croire qu'on viendroit à bout de fixer le mercure à un moindre degré de froid en le sublimant en vapeurs dans un air très-froid. Je suis de même très-porté à croire que l'eau qui ne doit sa liquidité qu'à la chaleur & qui la perd avec elle, deviendroit une substance d'autant plus solide & d'autant moins fusible, qu'elle éprouveroit plus fort & plus long-temps la rigueur du froid. On n'a pas fait assez d'expériences sur ce sujet important.

Mais sans nous arrêter à cette idée, c'est-à-dire, sans admettre ni sans exclure la possibilité de la conversion de la glace en matière infusible ou terre fixe & solide, passons à des vues plus étendues sur les moyens que la Nature emploie pour la transformation de l'eau. Le plus puissant de tous & le plus évident est le filtre animal; le corps des animaux à coquilles en se nourrissant des particules de l'eau en travaille en même temps la substance au point de la dénaturer; la coquille est certainement une substance terrestre, une vraie pierre, dont toutes les pierres que les Chimistes appellent *calcaires* & plusieurs autres matières, tirent leur origine; cette coquille paroît à la vérité faire partie constitutive de l'animal qu'elle couvre, puisqu'elle se perpétue par la génération, & qu'on la voit dans les petits coquillages qui viennent de naître, comme dans ceux qui ont pris tout leur accroissement; mais ce n'en est

eſt pas moins une ſubſtance terreſtre, formée par la ſecrétion ou l'exudation du corps de l'animal; on la voit s'agrandir, s'épaiſſir par anneaux & par couches à meſure qu'il prend de la croiſſance; & ſouvent cette matière pierreuſe excède cinquante ou ſoixante fois la maſſe ou matière réelle du corps de l'animal qui la produit. Qu'on ſe repréſente pour un inſtant le nombre des eſpèces de ces animaux à coquille, ou pour les tous comprendre, de ces animaux à tranſudation pierreuſe, elles ſont peut-être en plus grand nombre dans la mer, que ne l'eſt ſur la terre le nombre des eſpèces d'inſectes; qu'on ſe repréſente enſuite leur prompt accroiſſement, leur prodigieuſe multiplication, le peu de durée de leur vie, dont nous ſuppoſerons néanmoins le terme moyen à dix ans *(g)*, qu'enſuite on conſidère qu'il faut multiplier par cinquante ou ſoixante le nombre preſque immenſe de tous les individus de ce genre, pour ſe faire une idée de toute la matière pierreuſe produite en dix ans; qu'enfin on conſidère que ce bloc déjà ſi gros de matière pierreuſe doit être augmenté d'autant de pareils blocs qu'il y a de fois dix dans tous les ſiècles qui ſe ſont écoulés depuis le commencement du monde, & l'on ſe familiariſera avec cette idée ou plutôt

(g) La plus longue vie des eſcargots ou gros limaçons terreſtres, s'étend juſqu'à quatorze ans; on peut préſumer que les gros coquillages de mer vivent plus long-temps, mais auſſi les petits & les très-petits, tels que ceux qui forment le corail, & tous les madrépores, vivent beaucoup moins de temps; & c'eſt par cette raiſon que j'ai pris le terme moyen à dix ans.

cette vérité, d'abord repoussante, que toutes nos collines, tous nos rochers de pierre calcaire, de marbre, de craie, &c. ne viennent originairement que de la dépouille de ces petits animaux. On n'en pourra douter à l'inspection des matières même, qui toutes contiennent encore des coquilles ou des détrimens de coquilles très-aisément reconnoissables.

Les pierres calcaires ne sont donc en très-grande partie que de l'eau & de l'air contenus dans l'eau, transformés par le filtre animal; les sels, les bitumes, les huiles, les graisses de la mer n'entrent que pour peu ou pour rien dans la composition de la coquille; aussi la pierre calcaire ne contient-elle aucune de ces matières; cette pierre n'est que de l'eau transformée, jointe à quelque petite portion de terre vitrifiable & à une très-grande quantité d'air fixe qui s'en dégage par la calcination. Cette opération produit les mêmes effets sur les coquilles qu'on prend dans la mer que sur les pierres qu'on tire des carrières, elles forment également de la chaux, dans laquelle on ne remarque d'autre différence que celle d'un peu plus ou d'un peu moins de qualité; la chaux faite avec des écailles d'huître ou d'autres coquilles, est plus foible que la chaux faite avec du marbre ou de la pierre dure; mais le procédé de la Nature est le même, les résultats de son opération les mêmes; les coquilles & les pierres perdent également près de moitié de leur poids par l'action du feu dans la calcination; l'eau qui a conservé sa nature en sort la première, après quoi l'air fixe se dégage & ensuite l'eau fixe dont ces substances pierreuses sont composées reprend sa première nature &

s'élève en vapeurs poussées & raréfiées par le feu, & il ne reste que les parties les plus fixes de cet air & de cette eau qui peut-être sont si fort unies entr'elles, & à la petite quantité de terre fixe de la pierre que le feu ne peut les séparer. La masse se trouve donc réduite de près de moitié, & se réduiroit peut-être encore plus si l'on donnoit un feu plus violent. Et ce qui me semble prouver évidemment que cette matière chassée hors de la pierre par le feu, n'est autre chose que de l'air & de l'eau, c'est la rapidité, l'avidité avec laquelle cette pierre calcinée reprend l'eau qu'on lui donne, & la force avec laquelle elle la tire de l'atmosphère lorsqu'on la lui refuse. La chaux, par son extinction ou dans l'air ou dans l'eau, reprend en grande partie la masse qu'elle avoit perdue par la calcination; l'eau avec l'air qu'elle contient vient remplacer l'eau & l'air qu'elle contenoit précédemment, la pierre reprend dès-lors sa première nature; car en mêlant sa chaux avec des détrimens d'autres pierres, on fait un mortier qui se durcit & devient avec le temps une substance solide & pierreuse comme celles dont on l'a composé.

Après cette exposition, je ne crois pas qu'on puisse douter de la transformation de l'eau en terre ou en pierre par l'intermède des coquilles. Voilà donc d'une part toutes les matières calcaires, dont on doit rapporter l'origine aux animaux, & d'autre part toutes les matières combustibles qui ne proviennent que des substances animales ou végétales; elles occupent ensemble un assez grand espace à la surface de la terre, & l'on peut juger par leur volume

immenſe combien la Nature vivante a travaillé pour la Nature morte, car ici le brut n'eſt que le mort.

Mais les matières calcaires & les ſubſtances combuſtibles, quelque grand qu'en ſoit le nombre, quelque immenſe que nous en paroiſſe le volume, ne ſont qu'une très-petite portion du globe de la terre, dont le fond principal & la majeure & très-majeure quantité conſiſte en une matière de la nature du verre, matière qu'on doit regarder comme l'élément terreſtre, à l'excluſion de toutes les autres ſubſtances auxquelles elle ſert de baſe comme terre, lorſqu'elles ſe forment par le moyen ou par le détriment des animaux, des végétaux & par la transformation des autres élémens. Non-ſeulement cette matière première qui eſt la vraie terre élémentaire ſert de baſe à toutes les autres ſubſtances, & en conſtitue les parties fixes; *mais elle eſt en même temps le terme ultérieur auquel on peut les ramener & les réduire toutes.* Avant de préſenter les moyens que la Nature & l'art peuvent employer pour opérer cette eſpèce de réduction de toute ſubſtance en verre, c'eſt-à-dire, en terre élémentaire, il eſt bon de rechercher ſi les moyens que nous avons indiqués ſont les ſeuls par leſquels l'eau puiſſe ſe transformer en ſubſtance ſolide; il me ſemble que le filtre animal la convertiſſant en pierre, le filtre végétal peut également la transformer lorſque toutes les circonſtances ſe trouvent être les mêmes; la chaleur propre des animaux à coquille étant un peu plus grande que celle des végétaux, & les organes de la vie plus puiſſans que ceux de la végétation, le végétal ne pourra

produire qu'une petite quantité de pierres qu'on trouve assez souvent dans son fruit; mais il peut convertir & convertit réellement en sa substance une grande quantité d'air, & une quantité encore plus grande d'eau; la terre fixe qu'il s'approprie, & qui sert de base à ces deux élémens, est en si petite quantité, qu'on peut assurer sans craindre de se tromper, qu'elle ne fait pas la centième partie de sa masse; dès-lors le végétal n'est presque entièrement composé que d'air & d'eau transformés en bois, substance solide qui se réduit ensuite en terre par la combustion ou la putréfaction. On doit dire la même chose des animaux, ils fixent & transforment non-seulement l'air & l'eau, mais le feu en plus grande quantité que les végétaux; il me paroît donc que les fonctions des corps organisés, sont l'un des plus puissans moyens que la Nature emploie pour la conversion des élémens. On peut regarder chaque animal ou chaque végétal, comme un petit centre particulier de chaleur ou de feu qui s'approprie l'air & l'eau qui l'environnent, se les assimile pour végéter ou pour se nourrir & vivre des productions de la terre, qui ne sont elles-mêmes que de l'air & de l'eau précédemment fixés; il s'approprie en même temps une petite quantité de terre, & recevant les impressions de la lumière & celles de la chaleur du soleil & du globe terrestre, il tourne en sa substance tous ces différens élémens, les travaille, les combine, les réunit, les oppose jusqu'à ce qu'ils aient subi la forme nécessaire à son développement, c'est-à dire, à l'entretien de la vie & de l'accroissement

de l'organisation, dont le moule une fois donné, modèle toute la matière qu'il admet, & de brute qu'elle étoit, la rend organisée.

L'eau qui s'unit si volontiers avec l'air & qui entre avec lui en si grande quantité dans les corps organisés, s'unit aussi de préférence avec quelques matières solides, telles que les sels, & c'est souvent par leur moyen qu'elle entre dans la composition des minéraux. Le sel au premier coup d'œil ne paroît être qu'une terre dissoluble dans l'eau & d'une saveur piquante; mais les Chimistes en recherchant sa nature ont très-bien reconnu qu'elle consiste principalement dans la réunion de ce qu'ils nomment le *principe terreux* & le *principe aqueux;* l'expérience de l'acide nitreux qui ne laisse après sa combustion qu'un peu de terre & d'eau, leur a même fait penser que ce sel & peut-être tous les autres sels n'étoient absolument composés que de ces deux élémens; néanmoins il me paroît qu'on peut démontrer aisément que l'air & le feu entrent dans leur composition; puisque le nitre produit une grande quantité d'air dans la combustion, & que cet air fixe suppose du feu fixe qui s'en dégage en même temps; que d'ailleurs toutes les explications qu'on donne de la dissolution ne peuvent se soutenir à moins qu'elles n'admettent deux forces opposées, l'une attractive & l'autre expansive, & par conséquent la présence des élémens de l'air & du feu, qui sont seuls doués de cette seconde force; qu'enfin ce seroit contre toute analogie que le sel ne se trouveroit composé que des deux élémens de la terre & de l'eau,

tandis que toutes les autres ſubſtances ſont compoſées des quatre élémens. Ainſi l'on ne doit pas prendre à la rigueur ce que les grands Chimiſtes, M.rs Stahl & Macquer, ont dit à ce ſujet; les expériences de M. Hales démontrent que le vitriol & le ſel marin contiennent beaucoup d'air fixe, que le nitre en contient encore beaucoup plus & juſqu'à concurrence du huitième de ſon poids, & le ſel de tartre encore plus. On peut donc aſſurer que l'air entre comme principe dans la compoſition de tous les ſels; & que comme il ne peut ſe fixer dans aucune ſubſtance qu'à l'aide de la chaleur ou du feu qui ſe fixent en même temps, ils doivent être comptés au nombre de leurs parties conſtitutives. Mais cela n'empêche pas que le ſel ne doive auſſi être regardé comme la ſubſtance moyenne entre la terre & l'eau, ces deux élémens entrent en proportion différente dans les différens ſels ou ſubſtances ſalines dont la variété & le nombre ſont ſi grands qu'on ne peut en faire l'énumération; mais qui préſentées généralement ſous les dénominations d'acides & d'alkalis, nous montrent qu'en général, il y a plus de terre & moins d'eau dans ces derniers ſels, & au contraire plus d'eau & moins de terre dans les premiers.

Néanmoins l'eau, quoique intimément mêlée dans les ſels, n'y eſt ni fixée ni réunie par une force aſſez grande pour la transformer en matière ſolide comme dans la pierre calcaire; elle réſide dans le ſel ou dans ſon acide ſous ſa forme primitive, & l'acide le mieux concentré, le plus dépouillé d'eau, qu'on pourroit regarder ici comme

de la terre liquide ne doit cette liquidité qu'à la quantité de l'air & du feu qu'il contient; toute liquidité & même toute fluidité suppose la présence d'une certaine quantité de feu; & quand on attribueroit celle des acides à un reste d'eau qu'on ne peut en séparer, quand même on pourroit les réduire tous sous une forme concrète, il n'en seroit pas moins vrai que leurs saveurs, ainsi que les odeurs & les couleurs, ont toutes également pour principe celui de la force expansive, c'est-à-dire, la lumière & les émanations de la chaleur & du feu; car il n'y a que ces principes actifs qui puissent agir sur nos sens & les affecter d'une manière différente & diversifiée selon les vapeurs ou particules des différentes substances qu'ils nous apportent & nous présentent; c'est donc à ces principes qu'on doit rapporter non-seulement la liquidité des acides, mais aussi leur saveur. Une expérience que j'ai eu occasion de faire un grand nombre de fois m'a pleinement convaincu que l'alkali est produit par le feu; la chaux faite à la manière ordinaire & mise sur la langue même avant d'être éteinte par l'air ou par l'eau, a une saveur qui indique déjà la présence d'une certaine quantité d'alkali. Si l'on continue le feu, cette chaux qui a subi une plus longue calcination devient plus piquante sur la langue, & celle que l'on tire des fourneaux de forges où la calcination dure cinq ou six mois de suite, l'est encore davantage. Or, ce sel n'étoit pas contenu dans la pierre avant sa calcination, il augmente en force ou en quantité à mesure que le feu est appliqué plus violemment & plus long-temps à la pierre,

pierre, il eſt donc le produit immédiat du feu & de l'air qui ſe ſont incorporés dans ſa ſubſtance pendant la calcination, & qui par ce moyen ſont devenus parties fixes de cette pierre de laquelle ils ont chaſſé la plus grande partie des molécules d'eau, liquides & ſolides qu'elle contenoit auparavant. Cela ſeul me paroît ſuffiſant pour prononcer que le feu eſt le principe de la formation de l'alkali minéral, & l'on doit en conclure, par analogie, que les autres alkalis doivent également leur formation à la chaleur conſtante de l'animal & du végétal dont on les tire.

A l'égard des acides, la démonſtration de leur formation par le feu & l'air fixes, quoique moins immédiate que celle des alkalis, ne m'en paroît pas moins certaine : nous avons prouvé que le nitre & le phoſphore tirent leur origine des matières végétales & animales, que le vitriol tire la ſienne des pyrites, des ſoufres & des autres matières combuſtibles ; on ſait d'ailleurs que ces acides, ſoit vitrioliques, ou nitreux ou phoſphoriques, contiennent toujours une certaine quantité d'alkali ; on doit donc rapporter leur formation & leur ſaveur au même principe, & réduiſant tous les acides à un ſeul acide, & tous les alkalis à un ſeul alkali, ramener tous les ſels à une origine commune, & ne regarder leurs différentes ſaveurs & leurs propriétés particulières & diverſes, que comme le produit varié des différentes quantités de terre, d'eau, & ſur-tout d'air & de feu fixes qui ſont entrées dans leur compoſition. Ceux qui contiendront le plus de ces principes actifs d'air & de feu, ſeront ceux qui auront le plus de puiſſance & le plus

de saveur. J'entends par puissance la force dont les sels nous paroissent animés pour dissoudre les autres substances: on sait que la dissolution suppose la fluidité; qu'elle ne s'opère jamais entre deux matières sèches ou solides, & que par conséquent elle suppose aussi dans le dissolvant le principe de la fluidité, c'est-à-dire le feu; la puissance du dissolvant sera donc d'autant plus grande que d'une part il contiendra ce principe actif en plus grande quantité, & que d'autre part ses parties aqueuses & terreuses auront plus d'affinité avec les parties de même espèce contenues dans les substances à dissoudre: & comme les degrés d'affinité dépendent absolument de la figure des parties intégrantes des corps, ils doivent, comme ces figures, varier à l'infini; on ne doit donc pas être surpris de l'action plus ou moins grande ou nulle de certains sels sur certaines substances, ni des effets contraires d'autres sels sur d'autres substances. Leur principe actif est le même, leur puissance pour dissoudre la même, mais elle demeure sans exercice lorsque la substance qu'on lui présente repousse celle du dissolvant, ou n'a aucun degré d'affinité avec lui; tandis qu'au contraire elle le saisit avidement toutes les fois qu'il se trouve assez de force d'affinité pour vaincre celle de la cohérence; c'est-à-dire, toutes les fois que les principes actifs contenus dans le dissolvant, sous la forme de l'air & du feu, se trouvent plus puissamment attirés par la substance à dissoudre qu'ils ne le sont par la terre & l'eau qu'il contient; car dès-lors ces principes actifs s'en séparent, se développent & pénètrent la substance qu'ils

divisent & décomposent au point de la rendre susceptible, par cette division, d'obéir en liberté à toutes les forces attractives de la terre & de l'eau contenues dans le dissolvant, & de s'unir avec elles assez intimement pour ne pouvoir en être séparées que par d'autres substances qui auroient avec ce même dissolvant un degré encore plus grand d'affinité. Newton est le premier qui ait donné les affinités pour causes des précipitations chimiques; *Stalh* adoptant cette idée l'a transmise à tous les Chimistes, & il me paroît qu'elle est aujourd'hui universellement reçue comme une vérité dont on ne peut douter. Mais ni Newton ni Stalh ne se sont élevés au point de voir que toutes ces affinités en apparence si différentes entr'elles, ne sont au fond que les effets particuliers de la force générale de l'attraction universelle; & faute de cette vue, leur théorie ne pouvoit être ni lumineuse ni complète, parce qu'ils étoient forcés de supposer autant de petites loix d'affinités différentes, qu'il y avoit de phénomènes différens; au lieu qu'il n'y a réellement qu'une seule loi d'affinité, loi qui est exactement la même que celle de *l'attraction universelle; & que par conséquent l'explication de tous les phénomènes doit être déduite de cette seule & même cause.*

Les sels concourent donc à plusieurs opérations de la Nature par la puissance qu'ils ont de dissoudre les autres *substances*; car quoiqu'on dise vulgairement que l'eau *dissout le* sel, il est aisé de sentir que c'est une erreur d'expression fondée sur ce qu'on appelle communément

le liquide, le *diſſolvant;* & le ſolide, le *corps à diſſoudre;* mais dans le réel lorſqu'il y a diſſolution les deux corps ſont actifs & peuvent être également appelés *diſſolvans;* ſeulement regardant le ſel comme le diſſolvant, le corps diſſout peut être indifféremment ou liquide ou ſolide; & pourvu que les parties du ſel ſoient aſſez diviſées pour toucher immédiatement celles des autres ſubſtances, elles agiront & produiront tous les effets de la diſſolution. On voit par-là combien l'action propre des ſels & l'action de l'élément de l'eau qui les contient doivent influer ſur la compoſition des matières minérales. La Nature peut produire par ce moyen tout ce que nos arts produiſent par le moyen du feu; il ne faut que du temps pour que les ſels & l'eau opèrent ſur les ſubſtances les plus compactes & les plus dures, la diviſion la plus complète & l'atténuation la plus grande de leurs parties; ce qui les rend alors ſuſceptibles de toutes les combinaiſons poſſibles & capables de s'unir avec toutes les ſubſtances analogues; & de ſe ſéparer de toutes les autres. Mais ce temps qui n'eſt rien pour la Nature & qui ne lui manque pas, eſt de toutes les choſes néceſſaires celle qui nous manque le plus; c'eſt faute de temps que nous ne pouvons imiter ſes procédés ni ſuivre ſa marche; le plus grand de nos arts ſeroit donc l'art d'abréger le temps, c'eſt-à-dire, de faire en un jour ce qu'elle fait en un ſiècle: quelque vaine que paroiſſe cette prétention, il ne faut pas y renoncer: nous n'avons à la vérité ni les grandes forces ni le temps encore plus grand de la Nature, mais nous avons au-deſſus

d'elle la liberté de les employer comme il nous plaît; notre volonté eſt une force qui commande à toutes les autres forces, lorſque nous la dirigeons avec intelligence. Ne ſommes-nous pas venus à bout de créer à notre uſage l'élément du feu qu'elle nous avoit caché! ne l'avons-nous pas tiré des rayons qu'elle ne nous envoyoit que pour nous éclairer! n'avons-nous pas par ce même élément trouvé le moyen d'abréger le temps en diviſant les corps par une *fuſion* auſſi prompte que leur diviſion ſeroit lente par tout autre moyen! &c.

Mais cela ne doit pas nous faire perdre de vue que la Nature ne puiſſe faire & ne faſſe réellement, par le moyen de l'eau, tout ce que nous faiſons par celui du feu. Pour le voir clairement, il faut conſidérer que la décompoſition de toute ſubſtance ne pouvant ſe faire que par la diviſion, plus cette diviſion ſera grande & plus la décompoſition ſera complète; le feu ſemble diviſer autant qu'il eſt poſſible, les matières qu'il met en fuſion; cependant on peut douter ſi celles que l'eau & les acides tiennent en *diſſolution* ne ſont pas encore plus diviſées, & les vapeurs que la chaleur élève, ne contiennent-elles pas des matières encore plus atténuées? Il ſe fait donc dans l'intérieur de la terre, au moyen de la chaleur qu'elle renferme & de l'eau qui s'y inſinue, une infinité de ſublimations, de diſtillations, de criſtalliſations, d'agrégations, de diſjonctions de toute eſpèce. Toutes les ſubſtances peuvent être avec le temps compoſées & décompoſées par ces moyens; l'eau peut les diviſer & en atténuer les

parties autant & plus que le feu lorſqu'il les fond; & ces parties atténuées, diviſées à ce point, ſe joindront, ſe réuniront de la même manière que celles du métal fondu ſe réuniſſent en ſe refroidiſſant. Pour nous faire mieux entendre, arrêtons-nous un inſtant ſur la criſtalliſation; cet effet dont les ſels nous ont donné l'idée, ne s'opère jamais que quand une ſubſtance étant dégagée de toute autre ſubſtance ſe trouve très-diviſée & ſoutenue par un fluide qui, n'ayant avec elle que peu ou point d'affinité, lui permet de ſe réunir & de former, en vertu de ſa force d'attraction, des maſſes d'une figure à peu-près ſemblable à la figure de ſes parties primitives; cette opération qui ſuppoſe toutes les circonſtances que je viens d'énoncer, peut ſe faire par l'intermède du feu auſſi-bien que par *celui de* l'eau, & ſe fait très-ſouvent par le concours *des deux, parce* que tout cela ne ſuppoſe ou n'exige *qu'une diviſion* aſſez grande de la matière, pour que ſes *parties primitives* puiſſent, pour ainſi dire, ſe trier & former, *en ſe* réuniſſant, des corps figurés comme elles: or le feu peut tout auſſi-bien, & mieux qu'aucun autre diſſolvant, amener pluſieurs ſubſtances à cet état, & l'obſervation *nous le démontre* dans les régules, dans les amiantes, *les baſaltes*, & autres productions du feu dont les figures ſont régulières, & qui toutes doivent être regardées comme de vraies criſtalliſations.

Et ce degré de grande diviſion, néceſſaire à la criſtalliſation, n'eſt pas encore celui de la plus grande diviſion poſſible ni réelle, puiſque dans cet état les petites parties de la matière ſont encore aſſez groſſes pour conſtituer

une maſſe qui, comme toutes les autres maſſes, n'obéit qu'à la ſeule force attractive, & dont les volumes ne ſe touchant que par des points, ne peuvent acquérir la force répulſive, qu'une beaucoup plus grande diviſion ne manqueroit pas d'opérer par un contact plus immédiat, & c'eſt auſſi ce que l'on voit arriver dans les efferveſcences, où tout d'un coup la chaleur & la lumière ſont produites par le mélange de deux liqueurs froides. Ce degré de diviſion de la matière eſt ici fort au-deſſus du degré néceſſaire à la criſtalliſation, & l'opération s'en fait auſſi rapidement que l'autre s'exécute avec lenteur.

La lumière, la chaleur, le feu, l'air, l'eau, les ſels, ſont les degrés par leſquels nous venons de deſcendre du haut de l'échelle de la Nature à ſa baſe qui eſt la terre fixe. Et ce ſont en même temps les ſeuls principes que l'on doive admettre & combiner pour l'explication de tous les phénomènes. Ces principes ſont réels, indépendans de toute hypothèſe & de toute méthode; leur converſion, leur transformation eſt toute auſſi réelle, puiſqu'elle eſt démontrée par l'expérience. Il en eſt de même de l'élément de la terre, il peut ſe convertir en ſe volatiliſant, & prendre la forme des autres élémens, comme ceux-ci prennent la ſienne en ſe fixant. Mais de la même manière que les parties primitives du feu, de l'air ou de l'eau ne formeront jamais ſeules des corps ou des maſſes qu'on puiſſe regarder comme du feu, de l'air ou de l'eau purs; de même il me paroît très-inutile de chercher dans les matières terreſtres une ſubſtance de terre pure: la fixité,

l'homogénéité, l'éclat tranſparent du diamant a ébloui les yeux de nos Chimiſtes lorſqu'ils ont donné cette pierre pour la terre élémentaire & pure; on pourroit dire avec autant & auſſi peu de fondement, que c'eſt au contraire de l'eau pure dont toutes les parties ſe ſont fixées pour compoſer une ſubſtance ſolide diaphane comme elle; ces idées n'auroient pas été miſes en avant, ſi l'on eût penſé que l'élément terreux n'a pas plus le privilége de la ſimplicité abſolue que les autres élémens; que même comme il eſt le plus fixe de tous, & par conſéquent le plus conſtamment paſſif, il reçoit comme baſe toutes les impreſſions des autres; il les attire, les admet dans ſon ſein, s'unit, s'incorpore avec eux, les ſuit & ſe laiſſe entraîner par leur mouvement; & par conſéquent il n'eſt ni plus *ſimple ni* moins convertible que les autres. Ce ne ſont *jamais que les* grandes maſſes qu'il faut conſidérer *lorſqu'on veut définir* la Nature; les quatre élémens ont été *bien* ſaiſis par les Philoſophes, même les plus anciens; le ſoleil, l'atmoſphère, la mer & la terre ſont les grandes maſſes ſur leſquelles ils les ont établis; s'il exiſtoit un aſtre de *phlogiſtique*, une atmoſphère d'alkali, un océan d'acide, & des montagnes de *diamant, on pourroit* alors les regarder comme les principes généraux & réels de tous les corps, mais ce ne ſont au contraire que des ſubſtances particulières, produites comme toutes les autres par la combinaiſon des véritables élémens.

Dans la grande maſſe de matière ſolide qui nous repréſente l'élément de la terre, la couche ſuperficielle eſt la

terre

terre la moins pure; toutes les matières déposées par la mer en forme de sédimens, toutes les pierres produites par les animaux à coquilles, toutes les substances composées par la combinaison des détrimens du règne animal & végétal; toutes celles qui ont été altérées par le feu des volcans ou sublimées par la chaleur intérieure du globe, sont des substances mixtes & transformées; & quoiqu'elles composent de très-grandes masses, elles ne nous représentent pas assez purement l'élément de la terre; ce sont les matières vitrifiables dont la masse est mille & cent mille fois plus considérable que celles de toutes ces autres substances, qui doivent être regardées comme le vrai fonds de cet élément; ce sont en même temps celles qui sont composées de la terre la plus fixe, celles qui sont les plus anciennes, & cependant les moins altérées; c'est de ce fond commun dont toutes les autres substances ont tiré la base de leur solidité; car toute matière fixe, décomposée autant qu'elle peut l'être, se réduit ultérieurement en verre par la seule action du feu; elle reprend sa première nature lorsqu'on la dégage des matières fluides ou volatiles qui s'y étoient unies; & ce verre ou matière vitrée qui compose la masse de notre globe, représente d'autant mieux l'élément de la terre, qu'il n'a ni couleur, ni odeur, ni saveur, ni liquidité, ni fluidité; qualités qui toutes proviennent des autres élémens ou leur appartiennent.

Si le verre n'est pas précisément l'élément de la terre, il en est au moins la substance la plus ancienne; les métaux sont plus récens & moins nobles; la plupart des autres

minéraux se forment sous nos yeux; la Nature ne produit plus de verre que dans les foyers particuliers de ses volcans, tandis que tous les jours elle forme d'autres substances par la combinaison du verre avec les autres élémens. Si nous voulons nous former une idée juste de ses procédés dans la formation des minéraux, il faut d'abord remonter à l'origine de la formation du globe, qui nous démontre qu'il a été fondu, liquéfié par le feu; considérer ensuite que de ce degré immense de chaleur il a passé successivement au degré de sa chaleur actuelle; que dans les premiers momens où sa surface a commencé de prendre de la consistance, il a dû s'y former des inégalités, telles que nous en voyons sur la surface des matières fondues & refroidies; que les plus hautes montagnes toutes composées de matières vitrifiables, existent & datent de ce moment, qui est aussi celui de la séparation des grandes masses de l'air, de l'eau & de la terre; qu'ensuite pendant le long espace de temps que suppose le refroidissement, ou si l'on veut la diminution de la chaleur du globe au point de la température actuelle, il s'est fait dans ces mêmes montagnes, qui étoient les parties les plus exposées à l'action des causes extérieures, une infinité de fusions, de sublimations, d'agrégations & de transformations de toute espèce par le feu de la terre, combiné avec la chaleur du soleil, & toutes les autres causes que cette grande chaleur rendoit plus actives qu'elles ne le sont aujourd'hui; que par conséquent on doit rapporter à cette date la formation des métaux & des minéraux que nous trouvons

en grandes maſſes & en filons épais & continus. Le feu violent de la terre embraſée après avoir élevé & réduit en vapeurs tout ce qui étoit volatil, après avoir chaſſé de ſon intérieur les matières qui compoſent l'atmoſphère & les mers, a dû *ſublimer* en même temps toutes les parties les moins fixes de la terre, les élever & les dépoſer dans tous les eſpaces vides, dans toutes les fentes qui ſe formoient à la ſurface à meſure qu'elle ſe refroidiſſoit. Voilà *l'origine* & la gradation du giſſement & de la formation des matières vitrifiables, qui toutes forment le noyau des plus grandes montagnes & renferment dans leurs fentes toutes les mines des métaux & des autres matières que le feu a pu diviſer, fondre & ſublimer. Après ce premier établiſſement encore ſubſiſtant des matières vitrifiables & des minéraux en grande maſſe qu'on ne peut attribuer qu'à l'action du feu; l'eau qui juſqu'alors ne formoit avec l'air qu'un vaſte volume de vapeurs, commença de prendre ſon état actuel dès que la ſuperficie du globe fut aſſez refroidie pour ne la plus repouſſer & diſſiper en vapeurs; elle ſe raſſembla donc & couvrit la plus grande partie de la ſurface terreſtre, ſur laquelle ſe trouvant agitée par un mouvement continuel de flux & de reflux, par l'action des vents, par celle de la chaleur; elle commença d'agir ſur les ouvrages du feu, elle altéra peu-à-peu la ſuperficie des matières vitrifiables, elle en tranſporta les débris, les dépoſa en forme de ſédimens, elle put nourrir les animaux à coquilles, elle ramaſſa leurs dépouilles, produiſit les pierres calcaires, en forma des collines &

des montagnes, qui ſe deſſéchant enſuite reçurent dans leurs fentes toutes les matières minérales qu'elle pouvoit diſſoudre ou charier.

Pour établir une théorie générale ſur la formation des minéraux, il faut donc commencer par diſtinguer avec la plus grande attention, 1.° ceux qui ont été produits par le feu primitif de la terre lorſqu'elle étoit encore brûlante de chaleur, 2.° ceux qui ont été formés du détriment des premiers par le moyen de l'eau, & troiſièmement ceux qui dans les volcans ou dans d'autres incendies poſtérieurs au feu primitif, ont une ſeconde fois ſubi l'épreuve d'une violente chaleur. Ces trois objets ſont très-diſtincts & comprennent tout le règne minéral; en ne les perdant pas de vue & y rapportant chaque ſubſtance minérale, on ne pourra guère ſe tromper ſur ſon origine & même ſur les degrés de ſa formation. Toutes les mines que l'on trouve en maſſes ou gros filons dans nos hautes montagnes, doivent ſe rapporter à la ſublimation du feu primitif, toutes celles au contraire que l'on trouve en petites ramifications, en filets, en végétations, n'ont été formées que du détriment des premières, entraîné par la ſtillation des eaux. On le voit évidemment en comparant, par exemple, la matière des mines de fer de Suède avec celle de nos mines de fer en grains; celles-ci ſont l'ouvrage immédiat de l'eau, & nous les voyons ſe former ſous nos yeux, elles ne ſont point attirables par l'aimant, elles ne contiennent point de ſoufre, & ne ſe trouvent que diſperſées dans les terres; les autres ſont toutes plus

ou moins, ſulfureuſes, toutes attirables par l'aimant, ce qui ſeul ſuppoſe qu'elles ont ſubi l'action du feu, elles ſont diſpoſées en grandes maſſes dures & ſolides, leur ſubſtance eſt mêlée d'une grande quantité d'aſbeſte, autre indice de l'action du feu. Il en eſt de même des autres métaux, leur ancien fonds vient du feu & toutes leurs grandes maſſes ont été réunies par ſon action; mais toutes leurs criſtalliſations, végétations, granulations, &c. ſont dûes à des cauſes ſecondaires où l'eau a la plus grande part. Je borne ici mes réflexions ſur la converſion des élémens, parce que ce ſeroit anticiper ſur celles qu'exige en particulier chaque ſubſtance minérale, & qu'elles ſeront mieux placées dans les articles de l'hiſtoire naturelle des minéraux.

RÉFLEXIONS
Sur la loi de l'Attraction.

LE mouvement des Planètes dans leurs orbites, eſt un mouvement compoſé de deux forces : la première eſt une force de projection, dont l'effet s'exerceroit dans la tangente de l'orbite, ſi l'effet continu de la ſeconde ceſſoit un inſtant; cette ſeconde force tend vers le Soleil, & par ſon effet précipiteroit les Planètes vers le Soleil, ſi la première force venoit à ſon tour à ceſſer un ſeul inſtant.

La première de ces forces peut être regardée comme une impulſion, dont l'effet eſt uniforme & conſtant, & qui a été communiquée aux planètes dès la formation du ſyſtème planétaire ; la ſeconde peut être conſidérée comme une attraction vers le Soleil, & ſe doit meſurer comme toutes les qualités qui partent d'un centre, par la raiſon inverſe du quarré de la diſtance, comme en effet on meſure les quantités de lumière, d'odeur, &c. & toutes les autres quantités ou qualités qui ſe propagent en ligne droite & ſe rapportent à un centre. Or, il eſt certain que l'attraction ſe propage en ligne droite, puiſqu'il n'y a rien de plus droit qu'un fil à-plomb, & que tombant perpendiculairement à la ſurface de la terre, il tend directement au centre de la force, & ne s'éloigne que très-peu de la direction du rayon au centre. Donc on peut dire que la loi de l'attraction doit être la raiſon inverſe du quarré de

la diſtance, uniquement parce qu'elle part d'un centre ou qu'elle y tend, ce qui revient au même.

Mais comme ce raiſonnement préliminaire, quel que bien fondé que je le croie, pourroit être contredit par les gens qui ſont peu de cas de la force des analogies, & qui ne ſont accoutumés à ſe rendre qu'à des démonſtrations mathématiques, Newton a cru qu'il valoit beaucoup mieux établir la loi de l'attraction par les phénomènes mêmes, que par toute autre voie, & il a en effet démontré géométriquement, que ſi pluſieurs corps ſe meuvent dans des cercles concentriques, & que les quarrés des temps de leurs révolutions ſoient comme les cubes de leurs diſtances à leur centre commun, les forces centripètes de ces corps ſont réciproquement comme les quarrés des diſtances; & que ſi les corps ſe meuvent dans des orbites peu différentes d'un cercle, ces forces ſont auſſi réciproquement comme les quarrés des diſtances, pourvu que les apſides de ces orbites ſoient immobiles. Ainſi les forces par leſquelles les planètes tendent aux centres ou aux foyers de leurs orbites, ſuivent en effet la loi du quarré de la diſtance; & la gravitation étant générale & univerſelle, la loi de cette gravitation eſt conſtamment celle de la raiſon inverſe du quarré de la diſtance, & je ne crois pas que perſonne doute de la loi de Képler, & qu'on puiſſe nier que cela ne ſoit ainſi pour Mercure, pour Vénus, pour la Terre, pour Mars, pour Jupiter & pour Saturne, ſurtout en les conſidérant à part & comme ne pouvant ſe troubler les uns les autres, & en ne faiſant attention qu'à leur mouvement autour du Soleil.

Toutes les fois donc qu'on ne confidérera qu'une planète ou qu'un fatellite fe mouvant dans fon orbite autour du Soleil ou d'une autre Planète, ou qu'on n'aura que deux corps tous deux en mouvement, ou dont l'un eft en repos & l'autre en mouvement, on pourra affurer que la loi de l'attraction fuit exactement la raifon inverfe du quarré de la diftance, puifque par toutes les obfervations la loi de Képler fe trouve vraie, tant pour les planètes principales, que pour les fatellites de Jupiter & de Saturne. Cependant on pourroit dès ici faire une objection tirée des mouvemens de la Lune, qui font irréguliers au point que M. Halley l'appelle *Sidus contumax*, & principalement du mouvement* de fes apfides, qui ne font pas immobiles comme le demande la fuppofition géométrique, *fur laquelle* eft fondé le réfultat qu'on a trouvé de *la raifon* inverfe du quarré de la diftance pour la mefure de la force d'attraction dans les planètes.

A cela il y a plufieurs manières de répondre; d'abord on pourroit dire que la loi s'obfervant généralement dans toutes les autres planètes avec exactitude, un feul phénomène où cette même exactitude ne fe trouve pas, ne doit pas détruire cette loi, on peut le regarder comme une exception dont on doit chercher la raifon particulière. En fecond lieu, on pourroit répondre comme l'a fait M. Cotes, que quand même on accorderoit que la loi d'attraction n'eft pas exactement dans ce cas en raifon inverfe du quarré de la diftance, & que cette raifon eft un peu plus grande, cette différence peut s'eftimer par le calcul, & qu'on trouvera qu'elle eft prefque infenfible,

puifque

puiſque la raiſon de la force centripète de la Lune qui de toutes eſt celle qui doit être la plus troublée, approche ſoixante fois plus près de la raiſon du quarré que de la raiſon du cube de la diſtance : *Reſponderi poteſt etiamſi concedamus hunc motum tardiſſimum exinde profectum quòd vis centripetæ proportio aberret aliquantulum a duplicatâ, aberrationem illam per computum mathematicum inveniri poſſe, & planè inſenſibilem eſſe ; iſta enim ratio vis centripetæ Lunaris, quæ omnium maximè turbari debèt, paululum quidem duplicatam ſuperabit ; ad hanc verò ſexaginta ferè vicibus propiùs accedet quàm ad triplicatam. Sed verior erit reſponſio, &c.* Editoris præf. in edit. 2.am Newton. *Auctore Roger Cotes.*

Et en troiſième lieu, on doit répondre plus poſitivement que ce mouvement des apſides ne vient point de ce que la loi d'attraction eſt un peu plus grande que dans la raiſon inverſe du quarré de la diſtance, mais de ce qu'en effet le Soleil agit ſur la Lune par une force d'attraction qui doit troubler ſon mouvement & produire celui des apſides, & que par conſéquent cela ſeul pourroit bien être la cauſe qui empêche la Lune de ſuivre exactement la règle de Képler. Newton a calculé dans cette vue les effets de cette force perturbatrice, & il a tiré de ſa théorie les équations & les autres mouvemens de la Lune, avec une telle préciſion qu'ils répondent très-exactement & à quelques ſecondes près, aux obſervations faites par les meilleurs Aſtronomes : mais pour ne parler que du mouvement des apſides, il fait ſentir dès la XLV.me propoſition du premier Livre, que la progreſſion de l'apogée de la

Lune vient de l'action du Soleil ; en ſorte que juſqu'ici tout s'accorde, & ſa théorie ſe trouve auſſi vraie & auſſi exacte dans tous les cas les plus compliqués comme dans ceux qui le ſont le moins.

Cependant un de nos grands Géomètres a prétendu (c) que la quantité abſolue du mouvement de l'apogée ne pouvoit pas ſe tirer de la théorie de la gravitation, telle qu'elle eſt établie par Newton, parce qu'en employant les loix de cette théorie, on trouve que ce mouvement ne devroit s'achever qu'en dix-huit ans, au lieu qu'il s'achève en neuf ans. Malgré l'autorité de cet habile Mathématicien & les raiſons qu'il a données pour ſoutenir ſon opinion, j'ai toujours été convaincu, comme je le ſuis encore aujourd'hui, que la théorie de Newton s'accorde avec les obſervations ; je n'entreprendrai pas ici de faire l'examen qui ſeroit néceſſaire pour prouver qu'il n'eſt pas tombé dans l'erreur qu'on lui reproche, je trouve qu'il eſt plus court d'aſſurer la loi de l'attraction telle qu'elle eſt, & de faire voir que la loi que M. Clairaut a voulu ſubſtituer à celle de Newton, n'eſt qu'une ſuppoſition qui implique contradiction.

Car admettons pour un inſtant ce que M. Clairaut prétend avoir démontré, que par la théorie de l'attraction mutuelle, le mouvement des apſides devroit ſe faire en dix-huit ans, au lieu de ſe faire en neuf ans, & ſouvenons-

(c) M. Clairaut. Voyez les Mémoires de l'Académie des Sciences, *année 1745.*

nous en même temps qu'à l'exception de ce phénomène, tous les autres, quelque compliqués qu'ils ſoient, s'accordent dans cette même théorie très-exactement avec les obſervations; à en juger d'abord par les probabilités, cette théorie doit *ſubſiſter puiſqu'il* y a un nombre très-conſidérable de choſes où elle s'accorde parfaitement avec la Nature, qu'il n'y a qu'un ſeul cas où elle en diffère, & qu'il eſt fort aiſé de ſe tromper dans l'énumération des *cauſes* d'un ſeul phénomène particulier; il me paroît donc que la première idée qui doit ſe préſenter, eſt qu'il faut chercher la raiſon particulière de ce phénomène ſingulier, & il me ſemble qu'on pourroit en imaginer quelqu'une; par exemple, ſi la force magnétique de la terre pouvoit, comme le dit Newton, entrer dans le calcul, on trouveroit peut-être qu'elle influe ſur le mouvement de la Lune, & qu'elle pourroit produire cette accélération dans le mouvement de l'apogée, & c'eſt dans ce cas où en effet il faudroit employer deux termes pour exprimer la meſure des forces qui produiſent le mouvement de la Lune. Le premier terme de l'expreſſion ſeroit toujours celui de la *loi de l'attraction* univerſelle, c'eſt-à-dire, la raiſon inverſe & *exacte du quarré de la diſtance*, & le ſecond terme repréſenteroit *la meſure de la force* magnétique.

Cette ſuppoſition eſt ſans doute mieux fondée que celle de M. Clairaut, qui me paroît beaucoup plus hypothétique, & *ſujette* d'ailleurs à des difficultés invincibles: exprimer la *loi* d'attraction par deux ou pluſieurs termes, ajouter à la *raiſon inverſe* du quarré de la diſtance une fraction

du quarré-quarré, au lieu de $\frac{1}{xx}$ mettre $\frac{1}{xx} + \frac{1}{mx^4}$ me paroît n'être autre chose que d'ajuster une expression de telle façon qu'elle corresponde à tous les cas; ce n'est plus une loi physique que cette expression représente, car en se permettant une fois de mettre un second, un troisième, un quatrième terme, &c. on pourroit trouver une expression qui, dans toutes les loix d'attraction, représenteroit les cas dont il s'agit, en l'ajustant en même temps aux mouvemens de l'apogée de la Lune & aux autres phénomènes; & par conséquent cette supposition, si elle étoit admise, non-seulement anéantiroit la loi de l'attraction en raison inverse du quarré de la distance, mais même donneroit entrée à toutes les loix *possibles & imaginables*: une loi en Physique, n'est loi que parce *que sa mesure est simple, & que l'échelle qui la représente est non-seulement toujours la même, mais encore qu'elle est unique, & qu'elle ne peut être représentée par une autre échelle; or, toutes les fois que l'échelle d'une loi ne sera pas représentée par un seul terme, cette simplicité & cette unité d'échelle, qui fait l'essence de la loi, ne subsiste plus, & par conséquent il n'y a plus aucune loi physique.*

Comme ce dernier raisonnement pourroit paroître n'être que de la métaphysique, & qu'il y a peu de gens qui la sachent apprécier, je vais tâcher de le rendre sensible en m'expliquant davantage. Je dis donc que toutes les fois qu'on voudra établir une loi sur l'augmentation ou la diminution d'une qualité ou d'une quantité physique,

on eſt ſtrictement aſſujetti à n'employer qu'un terme pour exprimer cette loi : ce terme eſt la repréſentation de la meſure qui doit varier, comme en effet la quantité à meſurer varie ; en ſorte que ſi la quantité, n'étant d'abord qu'un pouce, devient enſuite un pied, une aune, une toiſe, une lieue, &c. le terme qui l'exprime devient ſucceſſivement toutes ces choſes, ou plutôt les repréſente dans le même ordre de grandeur, & il en eſt de même de toutes les autres raiſons dans leſquelles une quantité peut varier.

De quelque façon que nous puiſſions donc ſuppoſer qu'une qualité phyſique puiſſe varier, comme cette qualité eſt une, ſa variation ſera ſimple & toujours exprimable par un ſeul terme qui en ſera la meſure ; & dès qu'on voudra employer deux termes, on détruira l'unité de la qualité phyſique, parce que ces deux termes repréſenteront deux variations différentes dans la même qualité, c'eſt-à-dire, deux qualités au lieu d'une : deux termes ſont en effet deux meſures, toutes deux variables & inégalement variables, & dès-lors elles ne peuvent être appliquées à un ſujet ſimple, à une ſeule qualité ; & ſi on admet deux termes pour repréſenter l'effet de la force centrale d'un aſtre, il eſt néceſſaire d'avouer qu'au lieu d'une force il y en a deux, dont l'une ſera relative au premier terme, & l'autre relative au ſecond terme, d'où l'on voit évidemment qu'il faut, dans le cas préſent, que M. Clairaut admette néceſſairement une autre force différente de l'attraction, s'il emploie deux termes pour repréſenter l'effet total de la force centrale d'une planète.

Je ne ſais pas comment on peut imaginer qu'une loi phyſique, telle qu'eſt celle de l'attraction, puiſſe être exprimée par deux termes par rapport aux diſtances, car s'il y avoit, par exemple, une maſſe *M* dont la vertu attractive fût exprimée par $\frac{aa}{xx} + \frac{b}{x^4}$, n'en réſulteroit-il pas le même effet que ſi cette maſſe étoit compoſée de deux matières différentes, comme, par exemple, de $\frac{1}{2}$ *M*, dont la loi d'attraction fût exprimée par $\frac{2aa}{xx}$, & de $\frac{1}{2}$ *M*, dont l'attraction fût $\frac{2b}{x^4}$! cela me paroît abſurde.

Mais indépendamment de ces impoſſibilités qu'implique la ſuppoſition de M. Clairaut, qui *détruit auſſi l'unité de loi ſur laquelle eſt fondée la vérité & la belle ſimplicité du ſyſtème du monde*, cette ſuppoſition *ſouffre bien d'autres difficultés que M. Clairaut devoit, ce me ſemble, ſe propoſer avant que de l'admettre, & commencer au moins par examiner d'abord toutes les cauſes particulières qui pourroient produire le même effet.* Je ſens que ſi j'euſſe réſolu, comme M. Clairaut, le problème des trois corps, & que j'euſſe trouvé que la théorie de la gravitation ne donne en effet que la moitié du mouvement de l'apogée, je n'en aurois pas tiré la concluſion qu'il en tire contre la loi de l'attraction ; auſſi eſt-ce cette concluſion que je contredis, & à laquelle je ne crois pas qu'on ſoit obligé de ſouſcrire, quand même M. Clairaut auroit pu démontrer l'inſuffiſance de toutes les autres cauſes particulières.

Newton dit, page 547, tome III: *In his computationibus attractionem magneticam terræ non consideravi, cujus itaque quantitas perparva est & ignoratur; si quando verò hæc attractio investigari poterit, & mensura graduum in meridiano, ac longitudines pendulorum isochronorum in diversis parallelis, legesque motuum maris & parallaxis Lunæ cum diametris apparentibus Solis & Lunæ ex phænomenis accuratiùs determinatæ fuerint, licebit calculum hunc omnem accuratiùs repetere.* Ce passage ne prouve-t-il pas bien clairement que Newton n'a pas prétendu avoir fait l'énumération de toutes les causes particulières, & n'indique-t-il pas en effet que si on trouve quelques différences avec sa théorie & les observations, cela peut venir de la force magnétique de la Terre ou de quelqu'autre cause secondaire, & par conséquent si le mouvement des apsides ne s'accorde pas aussi exactement avec sa théorie que le reste, faudra-t-il pour cela ruiner sa théorie par le fondement, en changeant la loi générale de la gravitation! ou plutôt ne faudra-t-il pas attribuer à d'autres causes cette différence qui ne se trouve que dans ce seul phénomène! M. Clairaut a proposé une difficulté contre le système de Newton, mais ce n'est tout au plus qu'une difficulté qui ne doit ni ne peut devenir un principe, il faut chercher à la résoudre, & non pas en faire une théorie, dont toutes les conséquences ne sont appuyées que sur un calcul; car, comme je l'ai dit, on peut tout représenter avec un calcul, & on ne réalise rien; & si on se permet de mettre un ou plusieurs termes à la suite de l'expression d'une loi physique, comme l'est celle de

l'attraction, on ne nous donne plus que de l'arbitraire au lieu de nous représenter la réalité.

Au reste, il me suffit d'avoir établi les raisons qui me font rejeter la supposition de M. Clairaut, celles que j'ai de croire, que bien loin qu'il ait pu donner atteinte à la loi de l'attraction, & renverser l'Astronomie physique, elle me paroît au contraire demeurer dans toute sa vigueur, & avoir des forces pour aller encore bien loin, & cela sans que je prétende avoir dit, à beaucoup près, tout ce qu'on peut dire sur cette matière, à laquelle je desirerois qu'on donnât sans prévention toute l'attention qu'il faut pour la bien juger.

ADDITION.

JE me suis borné à démontrer *que la loi de l'attraction*, par rapport à la *distance*, *ne peut être exprimée* que par un terme, & *non pas deux ou plusieurs termes*; que par conséquent *l'expression* que M. Clairaut a voulu substituer à la *loi du* quarré des distances, n'est qu'une supposition qui renferme une contradiction, c'est-là le seul point auquel je me suis attaché; mais comme il paroît par sa réponse qu'il ne m'a pas assez entendu *(d)*, je vais tâcher de rendre mes raisons plus intelligibles en la traduisant en calcul, ce sera la seule replique que je ferai à sa réponse.

(d) Voyez les Mémoires de l'Académie des Sciences, *année 1745, pages 493, 529, 551, 577 & 580.*

La

La loi de l'attraction, par rapport à la distance, ne peut pas être exprimée par deux termes.

I.re DÉMONSTRATION.

SUPPOSONS que $\frac{1}{x^2} \pm \frac{1}{x^4}$ représente l'effet de cette force par rapport à la distance x, ou, ce qui revient au même, supposons que $\frac{1}{x^2} \pm \frac{1}{x^4}$ qui représente la force accélératrice, soit égale à une quantité donnée A pour une certaine distance; en résolvant cette équation, la racine x, sera ou imaginaire, ou bien elle aura deux valeurs différentes: donc à différentes distances l'attraction seroit la même, ce qui est absurde: donc la loi de l'attraction, par rapport à la distance, ne peut pas être exprimée par deux termes. *Ce qu'il falloit démontrer.*

II.me DÉMONSTRATION.

LA même expression $\frac{1}{x^2} \pm \frac{1}{x^4}$ si x devient très-grand, pourra se réduire à $\frac{1}{x^2}$, & si x devient très-petit, elle se réduira à $\pm \frac{1}{x^4}$, de sorte que si $\frac{1}{x^2} \pm \frac{1}{x^4} = \frac{1}{x^n}$ l'exposant n doit être un nombre compris entre 2 & 4, cependant ce même exposant n doit nécessairement renfermer x, puisque la quantité d'attraction doit, de façon ou d'autre, être mesurée par la distance; cette expression prendra donc alors une forme comme $\frac{1}{x^2} \pm \frac{1}{x^4} = \frac{1}{x^x}$, ou $= \frac{1}{x+r}$; donc une quantité qui doit être néces-

ſairement un nombre compris entre 2 & 4, pourroit cependant devenir infinie, ce qui eſt abſurde ; donc l'attraction ne peut pas être exprimée par deux termes. *Ce qu'il falloit démontrer.*

On voit que les démonſtrations ſeroient les mêmes contre toutes les expreſſions poſſibles qui ſeroient compoſées de pluſieurs termes ; donc la loi d'attraction ne peut être exprimée que par un ſeul terme.

SECONDE ADDITION.

Je ne voulois rien ajouter à ce que j'ai dit au ſujet de la loi de l'attraction, ni faire aucune réponſe au nouvel écrit de M. Clairaut *(e)* : *mais comme je crois qu'il eſt utile pour les Sciences, d'établir d'une manière certaine* la propoſition que j'ai avancée, ſavoir, que *la loi de l'attraction*, & même toute autre loi phyſique, *ne peut jamais* être exprimée que par un ſeul terme, & qu'une nouvelle vérité de cette eſpèce, peut prévenir un grand nombre d'erreurs & de fauſſes applications dans les Sciences Phyſico-mathématiques ; j'ai cherché pluſieurs moyens de la démontrer.

On a vu dans mon Mémoire les raiſons métaphyſiques, par leſquelles j'établis que la meſure d'une qualité phyſique & générale dans la Nature eſt toujours ſimple ; que la loi qui repréſente cette meſure, ne peut donc jamais être compoſée ; qu'elle n'eſt réellement que l'expreſſion de

---

(e) Voyez les Mémoires de l'Académie des Sciences, *année 1745, pages 577 & 578.*

l'effet simple d'une qualité simple; que l'on ne peut donc exprimer cette loi par deux termes, parce qu'une qualité qui est une, ne peut jamais avoir deux mesures. Ensuite, *dans l'addition à ce Mémoire,* j'ai prouvé démonstrativement cette même vérité par la réduction à l'absurde & par le calcul; ma démonstration est vraie, car il est certain en général, que si l'on exprime la loi de l'attraction par une fonction de la distance, & que cette fonction soit composée de deux ou plusieurs termes, comme $\frac{1}{x^m} \pm \frac{1}{x^n} \pm \frac{1}{x^r}$, &c. & que l'on égale cette fonction à une quantité constante A pour une certaine distance, il est certain, dis-je, qu'en résolvant cette équation, la racine x aura des valeurs imaginaires dans tous les cas, & aussi des valeurs réelles, différentes dans presque tous les cas, & que ce n'est que dans quelques cas, comme dans celui de $\frac{1}{x^2} + \frac{1}{x^4} = A$, où il y aura deux racines réelles égales, dont l'une sera positive & l'autre négative; cette exception particulière ne détruit donc pas la vérité de ma démonstration, qui est pour une fonction quelconque; car si en général l'expression de la loi d'attraction est $\frac{1}{xx} + m x^n$, l'exposant n ne peut pas être négatif & plus grand que 2, puisqu'alors la pesanteur deviendroit infinie dans le point de contact; l'exposant n est donc nécessairement positif, & le coëfficient m doit être négatif pour faire avancer l'apogée de la Lune; par conséquent le cas particulier $\frac{1}{xx} + \frac{1}{x^4}$ ne peut jamais représenter la loi de la pesanteur: & si on se

permet une fois d'exprimer cette loi par une fonction de deux termes, pourquoi le second de ces termes, seroit-il nécessairement positif? il y a, comme l'on voit, beaucoup de raisons pour que cela ne soit pas, & aucune raison pour que cela soit.

Dès le temps que M. Clairaut proposa pour la première fois de changer la loi de l'attraction & d'y ajouter un terme, j'avois senti l'absurdité qui résultoit de cette supposition, & j'avois fait mes efforts pour la faire sentir aux autres; mais j'ai depuis trouvé une nouvelle manière de la démontrer, qui ne laissera, à ce que j'espère, aucun doute sur ce sujet important: voici mon raisonnement que j'ai abrégé autant qu'il m'a été possible.

Si la loi de l'attraction, ou telle autre loi *physique que* l'on voudra, pouvoit être exprimée par *deux ou plusieurs* termes, le premier terme étant, par *exemple*, $\frac{1}{xx}$, *il seroit* nécessaire que le second terme *eût un coëfficient* indéterminé, & qu'il fût, par *exemple*, $\frac{1}{mx^4}$; & de même si cette loi étoit exprimée par *trois* termes, il y auroit deux coëfficiens indéterminés, *l'un* au second, & l'autre au troisième terme, &c. *dès-lors* cette loi d'attraction qui seroit exprimée par *deux* termes $\frac{1}{xx} + \frac{1}{mx^4}$, renfermeroit donc une *quantité* m qui entreroit nécessairement dans la mesure de la force.

Or je demande ce que c'est que ce coëfficient m, il est clair qu'il ne dépend ni de la masse, ni de la distance;

que ni l'une ni l'autre ne peuvent jamais donner sa valeur, comment peut-on donc supposer qu'il y ait en effet une telle quantité physique! existe-t-il dans la Nature un coëfficient comme un 4, un 5, un 6, &c. & n'y a-t-il pas de l'absurdité à supposer qu'un nombre puisse exister réellement ou qu'un coëfficient puisse être une qualité essentielle à la matière! il faudroit pour cela qu'il y eût dans la Nature des phénomènes purement numériques & du même genre que ce coëfficient *m*, sans cela il est impossible d'en déterminer la valeur, puisqu'une quantité quelconque ne peut jamais être mesurée que par une autre quantité de même genre; il faut donc que M. Clairaut commence par nous prouver que les nombres sont des êtres réels actuellement existans dans la Nature, ou que les coëfficiens sont des qualités physiques s'il veut que nous convenions avec lui que la loi d'attraction, ou toute autre loi physique, puisse être exprimée par deux ou plusieurs termes.

Si l'on veut une démonstration plus particulière, je crois qu'on peut en donner une qui sera à la portée de tout le monde, c'est que la loi de la raison inverse du quarré de la distance convient également à une sphère & à toutes les particules de matière dont cette sphère est composée. Le globe de la Terre exerce son attraction dans la raison inverse du quarré de la distance; & toutes les particules de matière dont ce globe est composé, exercent aussi leur attraction dans cette même raison, comme Newton l'a démontré: mais si l'on exprime cette loi de l'attraction d'une sphère

par deux termes, la loi de l'attraction des particules qui composent cette sphère, ne sera point la même que celle de la sphère; par conséquent cette loi composée de deux termes, ne sera pas générale, ou plutôt ne sera jamais la loi de la Nature.

Les raisons métaphysiques, mathématiques & physiques s'accordent donc toutes à prouver que la loi de l'attraction ne peut être exprimée que par un seul terme, & jamais par deux ou plusieurs termes, c'est la proposition que j'ai avancée & que j'avois à démontrer.

INTRODUCTION
À L'HISTOIRE DES MINÉRAUX.

PARTIE EXPÉRIMENTALE.

DEPUIS vingt-cinq ans que j'ai jeté sur le papier mes idées sur la théorie de la Terre, & sur la nature des matières minérales dont le globe est principalement composé, j'ai eu la satisfaction de voir cette théorie confirmée par le témoignage unanime des Navigateurs, & par de nouvelles observations que j'ai eu soin de recueillir; il m'est aussi venu dans ce long espace de temps quelques pensées neuves, dont j'ai cherché à constater la valeur & la réalité par des expériences; de nouveaux faits acquis par ces expériences, des rapports plus ou moins éloignés, tirés de ces mêmes faits, des réflexions en conséquence; le tout lié à mon système général, & dirigé par une vue constante vers les grands objets de la Nature, voilà ce que je crois devoir présenter aujourd'hui à mes Lecteurs; sur-tout à ceux qui, m'ayant honoré de leur suffrage, aiment assez l'Histoire naturelle, pour chercher avec moi les moyens de l'étendre & de l'approfondir.

Je commencerai par la partie expérimentale de mon travail, parce que c'est sur les résultats de mes expériences

que j'ai fondé tous mes raiſonnemens, & que les idées même les plus conjecturales & qui pourroient paroître trop haſardées, ne laiſſent pas d'y tenir par des rapports qui ſeront plus ou moins ſenſibles à des yeux plus ou moins attentifs, plus ou moins exercés, mais qui n'échapperont pas à l'eſprit de ceux qui ſavent évaluer la force des inductions, & apprécier la valeur des analogies.

Et comme il s'eſt écoulé bien des années depuis que j'ai commencé de publier mon ouvrage ſur l'Hiſtoire naturelle, & que le nombre des volumes s'eſt beaucoup augmenté, j'ai cru que pour ne pas rendre mon livre trop à charge au public, je devois m'interdire la liberté d'en donner une nouvelle édition corrigée & augmentée; auſſi dans le grand nombre de réimpreſſions qui ſe ſont faites de cet ouvrage, il n'y a pas eu un ſeul mot de changé. Pour ne pas rendre aujourd'hui toutes ces éditions ſuperflues, j'ai pris le parti de mettre en deux ou trois volumes de ſupplément, les corrections, additions, développemens & explications que j'ai jugées néceſſaires à l'intelligence des ſujets que j'ai traités. Ces ſupplémens contiendront beaucoup de choſes nouvelles & d'autres plus anciennes, dont quelques-unes ont été imprimées, ſoit dans les Mémoires de l'Académie des Sciences, ſoit ailleurs, je les ai diviſés par parties relatives aux différens objets de l'hiſtoire de la Nature, & j'en ai formé pluſieurs Mémoires qui peuvent être lûs indépendamment les uns des autres, mais que j'ai ſeulement rapprochés ſelon l'ordre des matières.

PREMIER

PREMIER MÉMOIRE.

Expériences ſur le progrès de la chaleur dans les corps.

J'AI fait faire dix boulets de fer forgé & battu ;

	pouces.
Le premier d'un demi-pouce de diamètre......	$\frac{1}{2}$.
Le ſecond d'un pouce...................	1.
Le troiſième d'un pouce & demi..........	1 $\frac{1}{2}$.
Le quatrième de deux pouces..............	2.
Le cinquième de deux pouces & demi.......	2 $\frac{1}{2}$.
Le ſixième de trois pouces................	3.
Le ſeptième de trois pouces & demi........	3 $\frac{1}{2}$.
Le huitième de quatre pouces..............	4.
Le neuvième de quatre pouces & demi........	4 $\frac{1}{2}$.
Le dixième de cinq pouces................	5.

Ce fer venoit de la forge de Chameçon près Châtillon-ſur-Seine, & comme tous les boulets ont été faits du fer de cette même forge, leurs poids ſe ſont trouvés à très-peu-près proportionnels aux volumes.

Le boulet d'un-demi pouce peſoit........... 190 grains,
ou 2 gros 46 grains.

Le boulet d'un pouce peſoit............. 1522 grains,
ou 2 onces 5 gros 10 grains.

Le boulet d'un pouce & demi pesoit...... 5136 grains, ou 8 onces 7 gros 24 grains.

Le boulet de deux pouces pesoit......... 12173 grains, ou 1 livre 5 onces 1 gros 5 grains.

Le boulet de deux pouces & demi pesoit... 23781 grains, ou 2 livres 9 onces 2 gros 21 grains.

Le boulet de trois pouces pesoit.......... 41085 grains, ou 4 livres 7 onces 2 gros 45 grains.

Le boulet de trois pouces & demi pesoit... 65254 grains, ou 7 livres 1 once 2 gros 22 grains.

Le boulet de quatre pouces............. 97388 grains, ou 10 livres 9 onces 44 grains.

Le boulet de quatre pouces & demi pesoit 138179 grains, ou 14 livres 15 onces 7 gros 11 grains.

Le boulet de cinq pouces pesoit......... 190211 grains, ou 20 livres 10 onces 1 gros 59 grains.

Tous ces poids ont été pris *juste* avec de très-bonnes balances, en faisant limer peu-à-peu ceux des boulets qui se sont trouvés un peu trop forts.

Avant de rapporter les expériences, j'observerai :

1.° Que pendant tout le temps qu'on les a faites, le thermomètre exposé à l'air libre étoit à la congélation ou à quelques degrés au-dessous *(a)*; mais qu'on a laissé refroidir les boulets dans une cave où le thermomètre étoit à peu près à dix degrés au-dessus de la congélation,

(a) Division de Reaumur.

c'eſt-à-dire au degré de la température des caves de l'Obſervatoire; & c'eſt ce degré que je prends ici pour celui de la température actuelle de la Terre.

2.° J'ai cherché à ſaiſir deux inſtans dans le refroidiſſement, le premier où les boulets ceſſoient de brûler, c'eſt-à-dire, le moment où on pouvoit les toucher & les tenir avec la main, pendant une ſeconde, ſans ſe brûler; le ſecond temps de ce refroidiſſement étoit celui où les boulets ſe ſont trouvés refroidis juſqu'au point de la température actuelle, c'eſt-à-dire, à 10 degrés au-deſſus de la congélation. Et pour connoître le moment de ce refroidiſſement juſqu'à la température actuelle, on s'eſt ſervi d'autres boulets de comparaiſon de même matière & de mêmes diamètres qui n'avoient pas été chauffés, & que l'on touchoit en même temps que ceux qui avoient été chauffés. Par cet attouchement immédiat & ſimultané de la main ou des deux mains ſur les deux boulets, on pouvoit juger aſſez bien du moment où ces boulets étoient également froids; cette manière ſimple eſt non-ſeulement plus aiſée que le thermomètre qu'il eût été difficile d'appliquer ici, mais elle eſt encore plus préciſe, parce qu'il ne s'agit que de juger de l'égalité & non pas de la proportion de la chaleur, & que nos ſens ſont meilleurs juges que les inſtrumens de tout ce qui eſt abſolument égal ou parfaitement ſemblable. Au reſte, il eſt plus aiſé de reconnoître l'inſtant où les boulets ceſſent de brûler que celui où ils ſe ſont refroidis à la température actuelle, parce qu'une ſenſation vive eſt toujours plus préciſe qu'une ſenſation

tempérée, attendu que la première nous affecte d'une manière plus forte.

3.° Comme le plus ou le moins de poli ou de brut sur le même corps fait beaucoup à la sensation du toucher, & qu'un corps poli semble être plus froid s'il est froid, & plus chaud s'il est chaud, qu'un corps brut de même matière, quoiqu'ils le soient tous deux également, j'ai eu soin que les boulets froids fussent bruts & semblables à ceux qui avoient été chauffés dont la surface étoit semée de petites éminences produites par l'action du feu.

EXPÉRIENCES.

I.

Le boulet d'un demi-pouce a été chauffé à blanc en 2 minutes.
Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 12 minutes.
Refroidi au point de la température actuelle en 39 minutes.

II.

Le boulet d'un pouce a été chauffé à blanc en 5 minutes ½.
Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 35 minutes ½.
Refroidi au point de la température actuelle en 1 heure 33 minutes.

III.

Le boulet d'un pouce & demi a été chauffé à blanc en 9 minutes.
Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 58 minutes.
Refroidi au point de la température actuelle en 2 heures 25 minutes.

IV.

Le boulet de 2 pouces a été chauffé à blanc en 13 minutes.
Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 1 heure 20 minutes.
Refroidi au point de la température actuelle en 3 heures 16 minutes.

V.

Le boulet de 2 pouces & demi a été chauffé à blanc en 16 minutes.

Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 1 heure 42 min.

Refroidi au point de la température actuelle en 4 heures 30 minutes.

VI.

Le boulet de 3 pouces a été chauffé à blanc en 19 minutes ½.

Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 2 heures 7 min.

Refroidi au point de la température actuelle en 5 heures 8 minutes.

VII.

Le boulet de 3 pouces ½ a été chauffé à blanc en 23 minutes ½.

Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 2 heures 36 minutes.

Refroidi au point de la température actuelle en 5 heures 56 minutes.

VIII.

Le boulet de 4 pouces a été chauffé à blanc en 27 minutes ½.

Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 3 heures 2 minutes.

Refroidi au point de la température actuelle en 6 heures 55 minutes.

IX.

Le boulet de 4 pouces ½ a été chauffé à blanc en 31 minutes.

Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 3 heures 25 min.

Refroidi au point de la température actuelle en 7 heures 46 minutes.

X.

Le boulet de 5 pouces a été chauffé à blanc en 34 minutes.

Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 3 heures 52 min.

Refroidi au point de la température actuelle en 8 heures 42 minutes.

La différence la plus constante que l'on puisse prendre entre chacun des termes qui expriment le temps du refroidissement, depuis l'instant où l'on tire les boulets du feu, jusqu'à celui où on peut les toucher sans se brûler, se trouve

être de vingt-quatre minutes; car en supposant chaque terme augmenté de vingt-quatre, on aura

12′, 36′, 60′, 84′, 108′, 132′, 156′, 180′, 204′, 228′.

Et la suite des temps réels de ces refroidissemens trouvés par les expériences précédentes, est

12′, 35′½, 58′, 80′, 102′, 127′, 156′, 182′, 205′, 232′.

Ce qui approche de la première autant que l'expérience peut approcher du calcul.

De même la différence la plus constante que l'on puisse prendre entre chacun des termes du refroidissement jusqu'à la température actuelle, se trouve être de 54 minutes; car en supposant chaque terme augmenté de 54, on aura

39′, 93′, 147′, 201′, 255′, 309′, 363′, 417′, 471′, 525′.

Et la suite des temps réels de ce refroidissement, trouvés par les expériences précédentes, est

39′, 93′, 145′, 196′, 248′, 308′, 356′, 415′, 466′, 522′.

Ce qui approche aussi beaucoup de la première suite supposée.

J'ai fait une seconde & une troisième fois les mêmes expériences sur les mêmes boulets; mais j'ai vu que je ne pouvois compter que sur les premières, parce que je me suis aperçu qu'à chaque fois qu'on chauffoit les boulets, ils perdoient considérablement de leur poids; car

Le boulet d'un demi-pouce après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu environ la dix-huitième partie de son poids.

Le boulet d'un pouce après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu environ la seizième partie de son poids.

Le boulet d'un pouce & demi après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu la quinzième partie de son poids.

Le boulet de deux pouces après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu à peu-près la quatorzième partie de son poids.

Le boulet de deux pouces & demi après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu à peu-près la treizième partie de son poids.

Le boulet de trois pouces après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu à peu-près la treizième partie de son poids.

Le boulet de trois pouces & demi après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu encore un peu plus de la treizième partie de son poids.

Le boulet de quatre pouces après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu la douzième partie & demie de son poids.

Le boulet de quatre pouces & demi après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu un peu plus de la douzième partie & demie de son poids.

Le boulet de cinq pouces après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu à très-peu-près la douzième partie de son poids, car il pesoit avant d'avoir été chauffé, vingt livres dix onces un gros 59 grains *(a)*.

(a) Je n'ai pas eu occasion de faire les mêmes expériences sur des boulets de fonte de fer; mais M. de Montbeillard, Lieutenant-colonel du régiment Royal-Artillerie, m'a communiqué la note suivante qui y supplée parfaitement. On a pesé plusieurs boulets avant de les chauffer, qui se sont trouvés du poids de vingt-sept livres & plus. Après l'opération ils ont été réduits à vingt-quatre livres & un quart & vingt-quatre livres & demie. On a vérifié sur une grande quantité de boulets, que plus on les a chauffés & plus ils ont augmenté de volume & diminué de poids; enfin sur quarante mille boulets chauffés & râpés pour les réduire au calibre des canons, on a perdu dix mille, c'est-à-dire, un quart, en sorte qu'à tous égards cette pratique est mauvaise.

On voit que cette perte sur chacun des boulets est extrêmement considérable, & qu'elle paroît aller en augmentant à mesure que les boulets sont plus gros, ce qui vient, à ce que je présume, de ce que l'on est obligé d'appliquer le feu violent d'autant plus long-temps que les corps sont plus grands; mais en tout cette perte de poids, non-seulement est occasionnée par le détachement des parties de la surface qui se réduisent en scories, & qui tombent dans le feu; mais encore par une espèce de desséchement ou de calcination intérieure qui diminue la pesanteur des parties constituantes du fer; en sorte qu'il paroît que le feu violent rend le fer spécifiquement plus léger à chaque fois qu'on le chauffe. Au reste j'ai trouvé par des expériences ultérieures, que cette diminution de pesanteur varie beaucoup selon la différente qualité du fer.

Ayant donc fait faire six nouveaux boulets depuis un demi-pouce jusqu'à trois pouces de diamètre, & du même poids que les premiers; j'ai trouvé les mêmes progressions tant pour l'entrée que pour la sortie de la chaleur, & je me suis assuré que le fer s'échauffe & se refroidit en effet comme je viens de l'exposer.

Un passage de Newton *(b)* a donné naissance à ces expériences.

Globus ferri candentis, digitum unum latus, calorem suum omnem spatio horæ unius in aëre consistens, vix amitteret. Globus autem major calorem diutiùs conservaret in ratione diametri,

(b) Princip. mathém. *Lond. 1726, page 509.*

propterea

propterea quòd superficies (ad cujus mensuram per contactum aëris ambientis refrigeratur) in illâ ratione minor est pro quantitate materiæ suæ calidæ inclusæ. Ideoque globus ferri candentis huic terræ æqualis, id est, pedes plus minus 40000000 latus, diebus totidem & idcirco annis 50000, vix refrigesceret. Suspicor tamen quòd duratio caloris ob causas latentes augeatur in minori ratione quàm eâ diametri; & optarim rationem veram per experimenta investigari.

Newton desiroit donc qu'on fit les expériences que je viens d'exposer, & je me suis déterminé à les tenter non-seulement parce que j'en avois besoin pour des vues semblables aux siennes, mais encore parce que j'ai cru m'apercevoir que ce grand homme pouvoit s'être trompé en disant que la durée de la chaleur devoit n'augmenter, par l'effet des causes cachées, qu'en *moindre* raison que celle du diamètre; il m'a paru au contraire en y réfléchissant que ces causes cachées ne pouvoient que rendre cette raison plus grande au lieu de la faire plus petite.

Il est certain, comme le dit Newton, qu'un globe plus grand conserveroit sa chaleur plus long-temps qu'un plus petit en raison du diamètre, si on supposoit ces globes composés d'une matière parfaitement perméable à la chaleur; en sorte que la sortie de la chaleur fût absolument libre, & que les particules ignées ne trouvassent aucun obstacle qui pût les arrêter ni changer le cours de leur direction: ce n'est que dans cette supposition mathématique, que la durée de la chaleur seroit en effet en raison du diamètre; mais les causes cachées, dont parle

Newton, & dont les principales ſont les obſtacles qui réſultent de la perméabilité non abſolue, imparfaite & inégale de toute matière ſolide, au lieu de diminuer le temps de la durée de la chaleur, doivent au contraire l'augmenter; cela m'a paru ſi clair, même avant d'avoir tenté mes expériences, que je ſerois porté à croire que Newton qui voyoit clair auſſi juſque dans les choſes même qu'il ne faiſoit que ſoupçonner, n'eſt pas tombé dans cette erreur, & que le mot *minori ratione* au lieu de *majori*, n'eſt qu'une faute de ſa main ou de celle d'un copiſte, qui s'eſt gliſſée dans toutes les éditions de ſon ouvrage, du moins dans toutes celles que j'ai pu conſulter: ma conjecture eſt d'autant mieux fondée que Newton paroît dire ailleurs préciſément le contraire de ce qu'il dit ici; c'eſt dans la onzième queſtion de ſon Traité d'Optique *(d)*; « les corps d'un grand volume, dit-il, ne conſervent-ils » pas plus long-temps. (Nota. *Ce mot* PLUS LONG-TEMPS » *ne peut ſignifier ici qu'en raiſon plus grande que celle du diamètre*) » leur chaleur parce que leurs parties s'échauffent réciproquement? & un corps vaſte, denſe & fixe étant une fois » échauffé au-delà d'un certain degré, ne peut-il pas jeter » de la lumière en telle abondance, que par l'émiſſion & la » réaction de ſa lumière, par les réflexions & les réfractions » de ſes rayons au-dedans de ſes pores, il devienne toujours » plus chaud juſqu'à ce qu'il parvienne à un certain degré » de chaleur qui égale la chaleur du Soleil? & le Soleil & les

(d) Traduction de Coſte.

Étoiles fixes, ne sont-ce pas de vastes terres violemment « échauffées dont la chaleur se conserve par la grosseur de « ces corps, & par l'action & la réaction réciproque entre « eux & la lumière qu'ils jettent, leurs parties étant d'ailleurs « empêchées de s'évaporer en fumée, non-seulement par « leur fixité, mais encore par le vaste poids & la grande « densité des atmosphères qui pesant de tous côtés, les « compriment très-fortement & condensent les vapeurs & « les exhalaisons qui s'élèvent de ces corps-là. »

Par ce passage, on voit que Newton, non-seulement est ici de mon avis sur la durée de la chaleur, qu'il suppose en raison plus grande que celle du diamètre, mais encore qu'il renchérit beaucoup sur cette augmentation, en disant qu'un grand corps, par cela même qu'il est grand, peut augmenter sa chaleur.

Quoi qu'il en soit, l'expérience a pleinement confirmé ma pensée. La durée de la chaleur ou, si l'on veut, le temps employé au refroidissement du fer n'est point en plus *petite*, mais en plus *grande* raison que celle du diamètre; il n'y a pour s'en assurer qu'à comparer les progressions suivantes.

DIAMÈTRES.

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 demi-pouces.

Temps du premier refroidissement, supposés en raison du diamètre.

12', 24', 36', 48', 60', 72', 84', 96', 108', 120 minutes.

Temps réels de ce refroidissement, trouvés par l'expérience;

12', 35'½, 58', 80', 102', 127', 156', 182', 205', 232'.

Temps du second refroidissement, supposés en raison du diamètre.

39', 78', 117', 156', 195', 234', 273', 312', 351', 390'.

Temps réels de ce second refroidissement, trouvés par l'expérience;

39', 93', 145', 196', 248', 308', 356', 415', 466', 522'.

On voit, en comparant ces progressions terme à terme, que dans tous les cas la durée de la chaleur, non-seulement n'est pas en raison plus petite que celle du diamètre, (comme il est écrit dans Newton), mais qu'au contraire cette durée est en raison considérablement plus grande.

Le docteur Martine qui a fait un bon ouvrage sur les thermomètres, rapporte ce passage de Newton, & il dit, qu'il avoit commencé de faire quelques expériences qu'il se proposoit de pousser plus loin; qu'il croit que l'opinion de Newton est conforme à la vérité, & que les corps semblables conservent en effet la chaleur dans la proportion de leurs diamètres; mais que quant au doute que Newton forme, si dans les grands corps cette proportion n'est pas *moindre* que celle des diamètres, il ne le croit pas suffisamment fondé. Le docteur Martine avoit raison à cet égard; mais en même temps il avoit tort de croire d'après Newton, que tous les corps semblables solides ou fluides, conservent leur chaleur en raison de leurs diamètres; il rapporte à la vérité des expériences faites avec de l'eau dans des vases de porcelaine, par lesquelles

il trouve que les temps du refroidiſſement de l'eau ſont *preſque* proportionnels aux diamètres des vaſes qui la contiennent ; mais nous venons de voir que c'eſt par cette raiſon même que dans les corps ſolides la choſe ſe paſſe différemment, car l'eau doit être regardée comme une matière *preſque* entièrement perméable à la chaleur, puiſque c'eſt un fluide homogène & qu'aucunes de ſes parties ne peuvent faire obſtacle à la circulation de la chaleur : ainſi, quoique les expériences du docteur Martine donnent à peu-près la raiſon du diamètre pour le refroidiſſement de l'eau, on ne doit en rien conclure pour le refroidiſſement des corps ſolides.

Maintenant, ſi l'on vouloit chercher avec Newton, combien il faudroit de temps à un globe gros comme la Terre pour ſe refroidir, on trouveroit, d'après les expériences précédentes, qu'au lieu de cinquante mille ans qu'il aſſigne pour le temps du refroidiſſement de la Terre juſqu'à la température actuelle, il faudroit déjà quarante-deux mille neuf cents ſoixante-quatre ans & deux cents vingt-un jours pour la refroidir, ſeulement juſqu'au point où elle ceſſeroit de brûler, & quatre-vingt-ſeize mille ſix cents ſoixante-dix ans & cent trente-deux jours pour la refroidir à la température actuelle.

Car la ſuite des diamètres des globes étant

1, 2, 3, 4, 5 . . . . *N* demi-pouces, celle des temps du refroidiſſement juſqu'à pouvoir toucher les globes ſans ſe brûler, ſera

12, 36, 60, 84, 108 . . . . 24 *N*—12 minutes:

Et le diamètre de la Terre étant de 2865 lieues, de 25 au degré, ou de. . . . . 6537930 toises de 6 pieds.

En faisant la lieue de. . . . 2282 toises,

ou de. . . . . 39227580 pieds,

ou de. . . . . 941461920 demi-pouces:

Nous avons *N*= . . . . 941461920 demi-pouces:

Et 24 *N*— 12 = 2259508606 8 minutes, c'est-à-dire quarante-deux mille neuf cents soixante-quatre ans & deux cents vingt-un jours pour le temps nécessaire au refroidissement d'un globe gros comme la Terre, seulement *jusqu'au point de pouvoir le toucher sans se brûler.*

Et de même *la suite* des temps du refroidissement jusqu'à la température actuelle, sera

39', 93', 147', 201', 255'. . . . 54 *N*— 15'.

Et comme *N* est toujours = 941461920 demi-pouces, nous aurons 54 *N*— 15 = 50838943662 minutes, c'est-à-dire, quatre-vingt-seize mille six cents soixante-dix ans & cent trente-deux jours pour le temps nécessaire au refroidissement d'un globe gros comme *la* Terre au point de *la température actuelle.*

Seulement on pourroit croire que celui du refroidissement de la Terre devroit encore être considérablement augmenté, parce que l'on imagine que le refroidissement ne s'opère que par le contact de l'air, & qu'il y a une grande différence entre le temps du refroidissement dans l'air &

le temps du refroidiſſement dans le vide; & comme l'on doit ſuppoſer que la terre & l'air ſe ſeroient en même temps refroidis dans le vide, on dira qu'il faut faire état de ce ſurplus de temps; mais il eſt aiſé de faire voir que cette différence eſt très-peu conſidérable, car quoique la denſité du milieu dans lequel un corps ſe refroidit, faſſe quelque choſe ſur la durée du refroidiſſement; cet effet eſt bien moindre qu'on ne pourroit l'imaginer, puiſque dans le mercure qui eſt onze mille fois plus denſe que l'air, il ne faut pour refroidir les corps qu'on y plonge qu'environ neuf fois autant de temps qu'il en faut pour produire le même refroidiſſement dans l'air.

La principale cauſe du refroidiſſement n'eſt donc pas le contact du milieu ambiant, mais la force expanſive qui anime les parties de la chaleur & du feu, qui les chaſſe hors des corps où elles réſident, & les pouſſe directement du centre à la circonférence.

En comparant, dans les expériences précédentes, les temps employés à chauffer les globes de fer, avec les temps néceſſaires pour les refroidir; on verra qu'il faut environ la ſixième partie & demie du temps pour les chauffer à blanc, de ce qu'il en faut pour les refroidir au point de pouvoir les tenir à la main, & environ la quinzième partie & demie du temps qu'il faut pour les refroidir au point de la température actuelle *(e)*; en ſorte

(e) Nota. Le boulet d'un pouce & celui d'un demi-pouce ſur-tout, ont été chauffés en bien moins de temps, & ne ſuivent point cette proportion de quinze & demi à un, & c'eſt par la raiſon qu'étant très-

qu'il y a encore une très-grande correction à faire dans le texte de Newton, sur l'estime qu'il fait de la chaleur que le Soleil a communiquée à la Comète de 1680; car cette Comète n'ayant été exposée à la violente chaleur du Soleil que pendant un petit temps, elle n'a pu la recevoir qu'en proportion de ce temps, & non pas en entier comme Newton paroît le supposer dans le passage que je vais rapporter:

Est calor Solis ut radiorum densitas, hoc est reciprocè ut quadratum distantiæ locorum a Sole. Ideoque cùm distantia cometæ a centro Solis decemb. 8. ubi in perihelio versabatur, esset ad distantiam terræ a centro Solis ut 6 ad 1000 circiter, calor Solis apud cometam eo tempore erat ad calorem Solis æstivi apud nos ut 1000000 ad 36, seu 28000 ad 1. Sed calor aquæ ebullientis est quasi triplo major quàm calor quem terra arida concipit ad æstivum Solem ut expertus sum, &c. Calor ferri candentis (si rectè conjector) quasi triplò vel quadruplò major quàm calor aquæ ebullientis; ideoque calor quem terra arida apud Cometam in perihelio versantem ex radiis solaribus concipere posset, quasi 2000 vicibus major quàm calor ferri candentis. Tanto autem calore vapores & exhalationes, omnisque materia volatilis statim consumi ac dissipari debuissent.

Cometa igitur in perihelio suo calorem immensum ad Solem concepit & calorem illum diutissimè conservare potest.

---

petits & placés dans un grand feu, la chaleur les pénétroit, pour ainsi dire, tout-à-coup; mais à commencer par les boulets d'un pouce & demi de diamètre, la proportion que j'établis ici se trouve assez exacte pour qu'on puisse y compter.

Je

Je remarquerai d'abord, que Newton fait ici la chaleur du fer rougi beaucoup moindre qu'elle n'est en effet, & qu'il le dit lui-même dans un Mémoire qui a pour titre, *Échelle de la chaleur*, & qu'il a publié dans les Transactions philosophiques de 1701, c'est-à-dire, plusieurs années après la publication de son *Livre des Principes*. On voit dans ce Mémoire qui est excellent, & qui renferme le germe de toutes les idées sur lesquelles on a depuis construit les thermomètres; on y voit, dis-je, que Newton après des expériences très-exactes, fait la chaleur de l'eau bouillante trois fois plus grande que celle du soleil d'été, celle de l'étain fondant six fois plus grande, celle du plomb fondant huit fois plus grande, celle du régule fondant douze fois plus grande, & celle d'un feu de cheminée ordinaire, seize ou dix-sept fois plus grande que celle du soleil d'été; & de-là on ne peut s'empêcher de conclure que la chaleur du fer rougi à blanc ne soit encore bien plus grande, puisqu'il faut un feu constamment animé par le soufflet pour chauffer le fer à ce point. Newton paroît lui-même le sentir, & donner à entendre que cette chaleur du fer rougi, paroît être sept ou huit fois plus grande que celle de l'eau bouillante; ainsi il faut, suivant Newton lui-même, changer trois mots au passage précédent, & lire, *calor ferri candentis est quasi triplo (septuplo) vel quadruplo (octuplo) major quàm calor aquæ ebullientis; ideoque calor apud Cometam in perihelio versantem quasi 2000 (1000) vicibus major quàm calor ferri candentis.* Cela diminue de moitié la chaleur de cette Comète, comparée à celle du fer rougi à blanc.

Mais cette diminution qui n'eſt que relative, n'eſt rien en elle-même ni rien en comparaiſon de la diminution réelle & très-grande qui réſulte de notre première conſidération, il faudroit pour que la Comète eût reçu cette chaleur mille fois plus grande que celle du fer rougi qu'elle eût ſéjourné pendant un temps très-long dans le voiſinage du Soleil, au lieu qu'elle n'a fait que paſſer très-rapidement, ſur-tout à la plus petite diſtance, ſur laquelle ſeule néanmoins Newton établit ſon calcul de comparaiſon. Elle étoit le 8 décembre 1680 à $\frac{6}{1000}$ de la diſtance de la Terre au centre du Soleil; mais la veille ou le lendemain, c'eſt-à-dire vingt-quatre heures avant & vingt-quatre heures après, elle étoit déjà à une diſtance ſix fois plus grande, & où la chaleur étoit par conſéquent trente-ſix fois moindre.

Si l'on vouloit donc connoître la quantité de cette chaleur communiquée à la Comète par le Soleil, voici comment on pourroit faire cette eſtimation aſſez juſte, & en faire en même temps la comparaiſon avec celle du fer ardent, au moyen de mes expériences.

Nous ſuppoſerons comme un fait que cette Comète a employé ſix cents ſoixante-ſix heures à deſcendre du point où elle étoit encore éloignée du Soleil d'une diſtance égale à celle de la Terre à cet aſtre, auquel point la Comète recevoit par conſéquent une chaleur égale à celle que la Terre reçoit du Soleil, & que je prends ici pour l'unité; nous ſuppoſerons de même que la Comète a employé ſix cents ſoixante-ſix autres heures à remonter du point le plus

bas de son périhélie à cette même distance; & supposant aussi son mouvement uniforme, on verra que la Comète étant au point le plus bas de son périhélie, c'est-à-dire, à $\frac{6}{1000}$ de distance de la Terre au Soleil, la chaleur qu'elle a reçue dans ce moment étoit vingt-sept mille sept cents soixante-seize fois plus grande que celle que reçoit la Terre: en donnant à ce moment une durée de 80 minutes, savoir, 40 minutes en descendant, & 40 minutes en montant, on aura:

À 6 de distance 27776 de chaleur pendant 80 minutes.

À 7 de distance 20408 de chaleur aussi pendant 80 min.

À 8 de distance 15625 de chaleur toujours pendant 80′, & ainsi de suite jusqu'à la distance 1000 où la chaleur est 1. En sommant toutes les chaleurs à chaque distance, on trouvera 363410 pour le total de la chaleur que la Comète a reçue du Soleil, tant en descendant qu'en remontant, qu'il faut multiplier par le temps, c'est-à-dire, par $\frac{4}{3}$ d'heure; on aura donc 484547 qu'on divisera par 2000 qui représente la chaleur totale que la Terre a reçue dans ce même temps de 1332 heures, puisque la distance est toujours 1000, & la chaleur toujours = 1; ainsi l'on aura 242 $\frac{547}{2000}$ pour la chaleur que la Comète a reçue de plus que la Terre pendant tout le temps de son périhélie, au lieu de 28000 comme Newton le suppose, parce qu'il ne prend que le point extrême, & ne fait nulle attention à la très-petite durée du temps.

Et encore faudroit-il diminuer cette chaleur 242 $\frac{547}{2000}$, parce que la Comète parcouroit, par son accélération,

d'autant plus de chemin dans le même temps qu'elle étoit plus près du Soleil.

Mais en négligeant cette diminution, & en admettant que la Comète a en effet reçu une chaleur à peu-près deux cents quarante-deux fois plus grande que celle de notre Soleil d'été, & par conséquent $17 \frac{2}{7}$ fois plus grande que celle du fer ardent, suivant l'estime de Newton, ou *seulement* dix fois plus grande suivant la correction qu'il faut faire à cette *estime*; on doit supposer que pour donner une chaleur dix fois plus grande que celle du fer rougi, il faudroit dix fois plus de temps, c'est-à-dire, 13320 heures, au lieu de 1332. Par conséquent on peut comparer à la Comète un *globe de fer qu'on auroit chauffé à un feu de forge pendant 13320 heures pour pouvoir le rougir à blanc.*

Or, on voit par mes expériences, *que la suite des temps* nécessaires pour chauffer des globes dont les diamètres croissent, comme

$$1, 2, 3, 4, 5 \ldots\ldots\ldots n \text{ demi-pouces},$$

est à très-peu près

$$2', 5'\tfrac{1}{2}, 9', 12'\tfrac{1}{2}, 16' \ldots\ldots \frac{7n-3}{2} \text{ minutes.}$$

On aura donc $\frac{7n-3}{2} = 769200$ *minutes.*

D'où l'on tirera $n = 228342$ demi-pouces.

Ainsi avec le feu de forge, on ne pourroit chauffer à blanc en 799200 minutes ou 13320 heures, qu'un globe dont le diamètre seroit de 228342 demi-pouces, & par conséquent il faudroit pour que toute la masse de la Comète soit échauffée au point du fer rougi à blanc, pendant le

peu de temps qu'elle a été exposée aux ardeurs du Soleil, qu'elle n'eût eu que 228342 demi-pouces de diamètre, & supposer encore qu'elle eût été frappée de tous côtés, & en même temps par la lumière du Soleil. D'où il résulte que si on la suppose plus grande, il faut nécessairement supposer plus de temps dans la même raison de n à $\frac{7n-3}{2}$; en sorte, par exemple, que si l'on veut supposer la Comète égale à la Terre, on aura $n = 94146 1920$ demi-pouces, & $\frac{7n-3}{2} = 329511 6718$ minutes, c'est-à-dire, qu'au lieu de 13320 heures, il en faudroit 5491 8612, ou si l'on veut, au lieu d'un an 190 jours, il faudroit 6269 ans pour chauffer à blanc un globe gros comme la Terre; & par la même raison, il faudroit que la Comète, au lieu de n'avoir séjourné que 1332 heures ou 55 jours 12 heures dans tout son périhélie, y eût demeuré pendant 392 ans. Ainsi les Comètes, lorsqu'elles approchent du Soleil, ne reçoivent pas une chaleur immense, ni très-long-temps durable, comme le dit Newton, & comme on seroit porté à le croire à la première vue; leur séjour est si court dans le voisinage de cet astre, que leur masse n'a pas le temps de s'échauffer, & qu'il n'y a guère que la partie de la surface, exposée au Soleil, qui soit brûlée par ces instans de chaleur extrême, laquelle en calcinant & volatilisant la matière de cette surface, la chasse au-dehors en vapeurs & en poussière du côté opposé au Soleil; & ce qu'on appelle *la queue d'une Comète,* n'est autre chose que la lumière même du Soleil rendue

ſenſible, comme dans une chambre obſcure, par ces atomes que la chaleur pouſſe d'autant plus loin qu'elle eſt plus violente.

Mais une autre conſidération bien différente de celle-ci & encore plus importante, c'eſt que pour appliquer le réſultat de nos expériences & de notre calcul à la Comète & à la Terre, il faut les ſuppoſer compoſées de matières qui demanderoient autant de temps que le fer pour ſe refroidir; tandis que dans le réel, les matières principales dont le globe terreſtre eſt compoſé, telles que les glaiſes, les grès, les pierres, &c. doivent ſe refroidir en bien moins de temps que le fer.

Pour me ſatisfaire ſur cet objet, j'ai fait faire des globes de glaiſe & de grès, & les ayant fait chauffer à la même forge juſqu'à les faire rougir à blanc, j'ai trouvé que les boulets de glaiſe de deux pouces ſe ſont refroidis au point de pouvoir les tenir dans la main en trente-huit minutes, ceux de deux pouces & demi en quarante-huit minutes, & ceux de trois pouces en ſoixante minutes, ce qui étant comparé avec le temps du refroidiſſement des boulets de fer de ces mêmes diamètres de deux pouces, deux pouces & demi & trois pouces, donne les rapports de 38 à 80 pour deux pouces, 48 à 102 pour deux pouces & demi, & 60 à 127 pour trois pouces, ce qui fait un peu moins de 1 à 2; en ſorte que pour le refroidiſſement de la glaiſe, il ne faut pas la moitié du temps qu'il faut pour celui du fer.

J'ai trouvé de même que les globes de grès de deux

pouces se sont refroidis au point de les tenir dans la main en quarante-cinq minutes, ceux de deux pouces & demi en cinquante-huit minutes, & ceux de trois pouces en soixante-quinze minutes; ce qui étant comparé avec le temps du refroidissement des boulets de fer de ces mêmes diamètres, donne les rapports de 46 à 80 pour deux pouces, de 58 à 102 pour deux pouces & demi, & de 75 à 127 pour trois pouces, ce qui fait à très-peu-près la raison de 9 à 5; en sorte que pour le refroidissement du grès, il faut plus de la moitié du temps qu'il faut pour celui du fer.

J'observerai au sujet de ces expériences, que les globes de glaise chauffés à feu blanc, ont perdu de leur pesanteur encore plus que les boulets de fer, & jusquà la neuvième ou dixième partie de leur poids; au lieu que le grès chauffé au même feu, ne perd presque rien du tout de son poids, quoique toute la surface se couvre d'émail & se réduise en verre. Comme ce petit fait m'a paru singulier, j'ai répété l'expérience plusieurs fois, en faisant même pousser le feu & le continuer plus long-temps que pour le fer; & quoiqu'il ne fallût guère que le tiers du temps pour rougir le grès, de ce qu'il en falloit pour rougir le fer; je l'ai tenu à ce feu le double & le triple du temps, pour voir s'il perdroit davantage, & je n'ai trouvé que de très-légères diminutions; car le globe de deux pouces, chauffé pendant huit minutes, qui pesoit sept onces deux gros trente grains avant d'être mis au feu, n'a perdu que quarante-un grains, ce qui ne fait pas la centième partie de son poids; celui

de deux pouces & demi, qui pesoit quatorze onces deux gros huit grains, ayant été chauffé pendant douze minutes, n'a perdu que la cent cinquante-quatrième partie de son poids; & celui de trois pouces qui pesoit vingt-quatre onces cinq gros treize grains, ayant été chauffé pendant dix-huit minutes, c'est-à-dire, à peu-près autant que le fer, n'a perdu que soixante-dix-huit grains, ce qui ne fait que la cent quatre-vingt-unième partie de son poids. Ces pertes sont si petites qu'on pourroit les regarder comme nulles, & assurer en général que le grès pur ne perd rien de sa pesanteur au feu; car il m'a paru que ces petites diminutions que je viens de rapporter, ont été occasionnées par les parties ferrugineuses qui se sont trouvées dans ces grès, & qui ont été en partie détruites par le feu.

Une chose plus générale & qui mérite bien d'être remarquée, c'est que les durées de la chaleur dans différentes matières exposées au même feu pendant un temps égal, sont toujours dans la même proportion, soit que le degré de chaleur soit plus grand ou plus petit; en sorte, par exemple, que si on chauffe le fer, le grès & la glaise à un feu violent, & tel qu'il faille quatre-vingts minutes pour refroidir le fer au point de pouvoir le toucher, quarante-six minutes pour refroidir le grès au même point, & trente-huit pour refroidir la glaise; & qu'à une chaleur moindre il ne faille, par exemple, que dix-huit minutes pour refroidir le fer à ce même point de pouvoir le toucher avec la main, il ne faudra proportionnellement qu'un peu plus de dix minutes pour refroidir le grès, &

environ

environ huit minutes & demie pour refroidir la glaise à ce même point.

J'ai fait de semblables expériences sur des globes de marbre, de pierre, de plomb & d'étain, à une chaleur telle seulement que l'étain commençoit à fondre, & j'ai trouvé que le fer se refroidissant en dix-huit minutes au point de pouvoir le tenir à la main, le marbre se refroidit au même point en douze minutes, la pierre en onze, le plomb en neuf, & l'étain en huit minutes.

Ce n'est donc pas proportionnellement à leur densité, comme on le croit vulgairement *(f)*, que les corps reçoivent & perdent plus ou moins vîte la chaleur; mais dans un rapport bien différent & qui est en raison inverse de leur solidité, c'est-à-dire, de leur plus ou moins grande *non fluidité;* en sorte qu'avec la même chaleur il faut moins de temps pour échauffer ou refroidir le fluide le plus dense, qu'il n'en faut pour échauffer ou refroidir au même degré le solide le moins dense. Je donnerai dans les Mémoires suivans le développement entier de ce principe duquel dépend toute la théorie du progrès de la chaleur: mais pour que mon assertion ne paroisse pas vaine, voici en peu de mots le fondement de cette théorie.

J'ai trouvé par la vue de l'esprit, que les corps qui

(f) Voyez la Chimie de Boërrhave. *Partie I.re pages 266 & 276, & aussi 160, 264 & 267.*—Musschenbroek, *Essais de Physique, pages 94 & 969, &c.*

s'échaufferoient en raiſon de leurs diamètres, ne pourroient être que ceux qui ſeroient parfaitement perméables à la chaleur, & que ce ſeroient en même temps ceux qui s'échaufferoient ou ſe refroidiroient en moins de temps. Dès-lors j'ai penſé que les fluides dont toutes les parties ne ſe tiennent que par un foible lien, approchoient plus de cette perméabilité parfaite que les ſolides dont les parties ont beaucoup plus de cohéſion que celles des fluides.

En conſéquence j'ai fait des expériences par leſquelles j'ai trouvé qu'avec la même chaleur tous les fluides, quelque denſes qu'ils ſoient, s'échauffent & ſe refroidiſſent plus promptement qu'aucun ſolide quelque léger qu'il ſoit; en ſorte, par exemple, que le mercure comparé avec le bois, s'échauffe beaucoup plus promptement que le bois, quoiqu'il ſoit quinze ou ſeize fois plus denſe.

Cela m'a fait reconnoître que *le progrès de la chaleur* dans les corps *ne devoit en aucun cas ſe faire relativement à leur denſité*; & en effet j'ai trouvé par l'expérience que tant dans les ſolides que dans les fluides, ce progrès ſe fait plutôt *en raiſon de leur fluidité*, ou ſi l'on veut *en raiſon inverſe de leur ſolidité.*

Comme ce mot *ſolidité* a pluſieurs acceptions, il faut voir nettement le ſens dans lequel je l'emploie ici: *ſolide* & *ſolidité* ſe diſent en Géométrie relativement à la grandeur, & ſe prennent pour le volume du corps; *ſolidité* ſe dit ſouvent en Phyſique relativement à la denſité, c'eſt-à-dire, à la maſſe contenue ſous un volume donné; *ſolidité* ſe

dit quelquefois encore relativement à la dureté, c'est-à-dire, à la résistance que font les corps lorsque nous voulons les entamer; or ce n'est dans aucun de ces sens que j'emploie ici ce mot, mais dans une acception qui devroit être la première parce qu'elle est la plus propre. J'entends uniquement par *solidité* la qualité opposée à la fluidité, & je dis que c'est en raison inverse de cette qualité que se fait le progrès de la chaleur dans la plupart des corps, & qu'ils s'échauffent ou se refroidissent d'autant plus vîte qu'ils sont plus fluides, & d'autant plus lentement qu'ils sont plus solides; toutes les autres circonstances étant égales d'ailleurs.

Et pour prouver que la solidité prise dans ce sens est tout-à-fait indépendante de la densité; j'ai trouvé par expérience que des matières plus denses ou moins denses s'échauffent & se refroidissent plus promptement que d'autres matières plus ou moins denses; que, par exemple, l'or & le plomb qui sont beaucoup plus denses que le fer & le cuivre, néanmoins s'échauffent & se refroidissent beaucoup plus vîte, & que l'étain & le marbre qui sont au contraire moins denses, s'échauffent & se refroidissent aussi beaucoup plus vîte que le fer & le cuivre, & qu'il en est de même de plusieurs autres matières qui quoique plus ou moins denses, s'échauffent & se refroidissent plus promptement que d'autres qui sont beaucoup moins denses ou plus denses; en sorte que la densité n'est nullement relative à l'échelle du progrès de la chaleur dans les corps solides.

Et pour le prouver de même dans les fluides, j'ai vu que le mercure qui eſt treize ou quatorze fois plus denſe que l'eau, néanmoins s'échauffe & ſe refroidit en moins de temps que l'eau; & que l'eſprit-de-vin qui eſt moins denſe que l'eau, s'échauffe & ſe refroidit auſſi plus vîte que l'eau; en ſorte que généralement le progrès de la chaleur dans les corps, tant pour l'entrée que pour la ſortie, n'a aucun rapport à leur denſité, & ſe fait principalement en raiſon de leur fluidité, en étendant la fluidité juſqu'au ſolide, c'eſt-à-dire, en regardant la ſolidité comme une *non fluidité*, plus ou moins grande. De-là j'ai cru devoir conclure que l'on connoîtroit en effet le degré réel de fluidité dans les corps, en les faiſant chauffer à la même chaleur; car leur fluidité ſera dans la même raiſon que celle du temps pendant lequel ils recevront & perdront cette chaleur; & il en ſera de même des corps ſolides; ils ſeront d'autant plus ſolides, c'eſt-à-dire, d'autant plus *non fluides*, qu'il leur faudra plus de temps pour recevoir cette même chaleur & la perdre: & cela preſque généralement à ce que je préſume; car j'ai déjà tenté ces expériences ſur un grand nombre de matières différentes, & j'en ai fait une table que j'ai tâché de rendre auſſi complète & auſſi exacte qu'il m'a été poſſible, & qu'on trouvera dans le Mémoire ſuivant.

SECOND MÉMOIRE.

Suite des Expériences sur le progrès de la chaleur dans les différentes substances minérales.

J'AI fait faire un grand nombre de globes, tous d'un pouce de diamètre, le plus précisément qu'il a été possible, des matières suivantes, qui peuvent représenter ici à peu-près le règne minéral.

	onces.	gros.	grains.
Or le plus pur, affiné par les soins de M. Tillet de l'Académie des Sciences, qui a fait travailler ce globe à ma prière, pèse	6.	2.	17.
Plomb, pèse	3.	6.	28.
Argent le plus pur, travaillé de même, pèse	3.	3.	22.
Bismuth, pèse	3.	0	3.
Cuivre rouge, pèse	2.	7.	56.
Fer, pèse	2.	5.	10.
Étain, pèse	2.	3.	48.
Antimoine fondu, & qui avoit des petites cavités à sa surface, pèse	2.	1.	34.
Zinc, pèse	2.	1.	2.
Émeril, pèse	1.	2.	24½.
Marbre blanc, pèse	1	0.	25.
Grès pur, pèse	0	7.	24.

	onces,	gros,	grains.
Marbre commun de Montbard, pèſe..........	o	7.	20.
Pierre calcaire dure & griſe de Montbard, pèſe....	o	7.	20.
Gyps blanc, improprement appelé *Albâtre*, pèſe..	o	6.	36.
Pierre calcaire blanche, ſtatuaire, de la carrière d'Anières près de Dijon, pèſe..................	o.	6.	36.
Criſtal-de-roche, il étoit un peu trop petit, & il y avoit pluſieurs défauts & quelques petites fêlures à ſa ſurface; je préſume que ſans cela, il auroit peſé plus d'un gros de plus, il pèſe........................	o	6.	22.
Verre commun, pèſe........................	o	6.	21.
Terre glaiſe pure non cuite, mais très-sèche, pèſe..	o	6.	16.
Ocre, pèſe............................	o	5.	9.
Porcelaine de M. le comte de Lauraguais, pèſe...	o	5.	2 $\frac{1}{2}$.
Craie blanche, pèſe........................	o	4.	49.
Pierre-ponce avec pluſieurs petites cavités à ſa ſurface, pèſe............................	o	1.	69.
Bois de ceriſier, qui quoique plus léger que le chêne & la plupart des autres bois, eſt celui de tous qui s'altère le moins au feu, pèſe..............	o	1.	55.

Je dois avertir qu'il ne faut pas compter aſſez ſur les poids rapportés dans cette table, pour en conclure la peſanteur ſpécifique exacte de chaque matière, car quelque précaution que j'aie priſe pour rendre les globes égaux, comme il a fallu employer des ouvriers de différens métiers, les uns me les ont rendus trop gros & les autres trop petits. On a diminué ceux qui avoient plus d'un

pouce de diamètre, mais quelques-uns qui étoient un tant ſoit peu trop petits, comme ceux de criſtal-de-roche, de verre & de porcelaine, ſont demeurés tels qu'ils étoient: j'ai ſeulement rejeté ceux d'agate, de jaſpe, de porphyre & de jade qui étoient ſenſiblement trop petits. Néanmoins ce degré de préciſion de groſſeur, très-difficile à ſaiſir, n'étoit pas abſolument néceſſaire, car il ne pouvoit changer que très-peu le réſultat de mes expériences.

Avant d'avoir commandé tous ces globes d'un pouce de diamètre, j'avois expoſé à un même degré de feu, une maſſe quarrée de fer, & une autre de plomb de deux pouces dans toutes leurs dimenſions, & j'avois trouvé par des eſſais réitérés, que le plomb s'échauffoit plus vîte & ſe refroidiſſoit en beaucoup moins de temps que le fer. Je fis la même épreuve ſur le cuivre rouge; il faut auſſi plus de temps pour l'échauffer & pour le refroidir, qu'il n'en faut pour le plomb & moins que pour le fer. En ſorte que de ces trois matières, le fer me parut celle qui eſt la moins acceſſible à la chaleur, & en même temps celle qui la retient le plus long-temps. Ceci me fit connoître que la loi du progrès de la chaleur, c'eſt-à-dire, de ſon entrée & de ſa ſortie dans les corps, n'étoit point du tout proportionnelle à leur denſité, puiſque le plomb qui eſt plus denſe que le fer & le cuivre, s'échauffe néanmoins & ſe refroidit en moins de temps que ces deux autres métaux. Comme cet objet me parut important, je fis faire mes petits globes, pour m'aſſurer plus exactement, ſur un grand nombre de différentes matières, du

progrès de la chaleur dans chacune. J'ai toujours placé les globes à un pouce de distance les uns des autres devant le même feu ou dans le même four, deux ou trois, ou quatre ou cinq, &c. ensemble pendant le même temps avec un globe d'étain au milieu des autres. Dans la plupart des expériences, je les laissois exposés à la même action du feu, jusqu'à ce que le globe d'étain commençoit à fondre, & dans ce moment on les enlevoit tous ensemble, & on les posoit sur une table dans de petites cases préparées pour les recevoir; je les y laissois refroidir sans les bouger, en essayant assez souvent de les toucher, & au moment qu'ils commençoient à ne plus brûler les doigts, & que je pouvois les tenir dans ma main pendant une demi-seconde, je marquois le nombre des minutes qui s'étoient écoulées depuis qu'ils étoient retirés du feu; ensuite je les laissois tous refroidir au point de la température actuelle, dont je tâchois de juger par le moyen d'autres petits globes de même matière qui n'avoient pas été chauffés, & que je touchois en même temps que ceux qui se refroidissoient. De toutes les matières que j'ai mises à l'épreuve, il n'y a que le soufre qui fond à un moindre degré de chaleur que l'étain; & malgré la mauvaise odeur de sa vapeur, je l'aurois pris pour terme de comparaison, mais comme c'est une matière friable & qui se diminue par le frottement, j'ai préféré l'étain, quoiqu'il exige près du double de chaleur pour se fondre, de celle qu'il faut pour fondre le soufre.

I. PAR

I.

PAR une première expérience, le boulet de plomb & le boulet de cuivre chauffés pendant le même temps, se sont refroidis dans l'ordre suivant:

Refroidis à les tenir dans la main pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température actuelle.*	minutes.
Plomb, en.	8.	En.	23.
Cuivre, en.	12.	En.	35.

II.

AYANT fait chauffer ensemble, au même feu, des boulets de fer, de cuivre, de plomb, d'étain, de grès & de marbre de Montbard, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant:

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température actuelle.*	minutes.
Étain, en.	6 ½.	En.	16.
Plomb, en.	8.	En.	17.
Grès, en.	9.	En.	19.
Marbre commun, en. . . .	10.	En.	21.
Cuivre, en.	11 ½.	En.	30.
Fer, en.	13.	En.	38.

III.

PAR une seconde expérience à un feu plus ardent & au point d'avoir fondu le boulet d'étain, les cinq autres boulets se sont refroidis dans les proportions suivantes:

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Plomb, en.	10 ½.	En.	42.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Grès, en.............	12 ½.	En.................	46.
Marbre commun, en....	13 ½.	En.................	50.
Cuivre, en...........	19 ½.	En.................	51.
Fer, en..............	23 ½.	En.................	54.

IV.

PAR une troisième expérience, à un degré de feu moindre que le précédent, les mêmes boulets avec un nouveau boulet d'étain, se sont refroidis dans l'ordre suivant:

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Étain, en............	7 ½.	En.................	25.
Plomb, en............	9 ½.	En.................	35.
Grès, en.............	10 ½.	En.................	37.
Marbre commun, en....	12.	En.................	39.
Cuivre, en...........	14.	En.................	44.
Fer, en..............	17.	En.................	50.

De ces expériences que j'ai faites avec autant de précision qu'il m'a été possible, on peut conclure:

1.° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du cuivre au point de les tenir :: 53 ½ : 45, & au point de la température :: 142 : 125.

2.° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du premier refroidissement du marbre commun :: 53 ½ : 35 ½, & au point de leur refroidissement entier :: 142 : 110.

3.° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du grès, au point de pouvoir les tenir :: 53 ½ : 32, & :: 142 : 102 ½ pour leur entier refroidissement.

4.° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du plomb, au point de les tenir :: 53 ½ : 27, & :: 142 : 94 ½ pour leur entier refroidissement.

V.

COMME il n'y avoit que deux expériences pour la comparaison du fer à l'étain, j'ai voulu en faire une troisième dans laquelle l'étain s'est refroidi à le tenir dans la main en 8 minutes, & en entier, c'est-à-dire à la température, en 32 minutes; & le fer s'est refroidi à le tenir sur la main en 18 minutes, & refroidi en entier en 48 minutes; au moyen de quoi la proportion trouvée par trois expériences, est:

1.° Pour le premier refroidissement du fer comparé à celui de l'étain :: 48 : 22, & :: 136 : 73 pour leur entier refroidissement.

2.° Que les temps du refroidissement du cuivre, sont à ceux du refroidissement du marbre commun :: 45 : 35 ½ pour le premier refroidissement, & :: 125 : 110 pour le refroidissement à la température.

3.° Que les temps du refroidissement du cuivre sont à ceux du refroidissement du grès :: 45 : 33 pour le premier refroidissement, & :: 125 : 102 pour le refroidissement à la température actuelle.

4.° Que les temps du refroidissement du cuivre sont à ceux du refroidissement du plomb :: 45 : 27 pour le premier refroidissement, & :: 125 : 94 $\frac{1}{2}$ pour le refroidissement entier.

V I.

COMME il n'y avoit, pour la comparaison du cuivre & de l'étain, que deux expériences, j'en ai fait une troisième dans laquelle *le cuivre s'est* refroidi, à le tenir dans la main *en* 18 *minutes*, & en entier *en* 49 *minutes*; & *l'étain s'est* refroidi au premier point en 8 $\frac{1}{2}$ minutes, & au dernier en 30 minutes; d'où l'on peut conclure:

1.° Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement *de l'étain*, au *point* de pouvoir les tenir :: 43 $\frac{1}{2}$: 22 $\frac{1}{2}$, &:: 123 : 71 *pour leur entier* refroidissement.

2.° On peut de même conclure des expériences précédentes, que le temps du refroidissement du marbre commun, est à celui du refroidissement du grès, au *point* de pouvoir les tenir :: 36 $\frac{1}{2}$: 32, & :: 110 : 102 *pour leur* entier refroidissement.

3.° *Que le temps du refroidissement du marbre* commun *est à celui du refroidissement du plomb*, au point de pouvoir les tenir :: 36 $\frac{1}{2}$: 28, & :: 110 : 94 $\frac{1}{2}$ pour le refroidissement entier.

V I I.

COMME il n'y avoit pour la comparaison du marbre commun & de l'étain que deux expériences, j'en ai fait

une troisième dans laquelle l'étain s'est refroidi, à le tenir dans la main en 9 minutes, & le marbre en 11 minutes; & l'étain s'est refroidi en entier en 22 ½ minutes & le marbre en 33 minutes. Ainsi les temps du refroidissement du marbre sont à ceux du refroidissement de l'étain, comme 33 est à 24 ½ pour le premier refroidissement, & : : 93 : 64 pour le second refroidissement.

VIII.

COMME il n'y avoit que deux expériences pour la comparaison du grès & du plomb avec l'étain, j'en ai fait une troisième en faisant chauffer ensemble ces trois boulets de grès, de plomb & d'étain qui se sont refroidis dans l'ordre suivant:

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Étain, en	7 ½.	En	23.
Plomb, en	8 ½.	En	27.
Grès, en	10 ½.	En	28.

Ainsi on peut en conclure:

1.° Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir : : 25 ½ : 21 ½, & : : 79 ½ : 64 pour le refroidissement entier.

2.° Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir : : 30 : 21 ½, & : : 84 : 64 pour leur entier refroidissement.

3.° De même on peut conclure par les quatre expériences précédentes, que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir :: $42\frac{1}{2}$: $35\frac{1}{2}$, & :: 130 : $121\frac{1}{2}$ pour leur entier refroidissement.

IX.

Dans un four chauffé au point de fondre l'étain, quoique toute la braise & les cendres en eussent été tirées, j'ai fait placer sur un support de fer-blanc traversé de fil-de-fer, cinq boulets éloignés les uns des autres d'environ 9 lignes, après quoi on a fermé le four; & les ayant retirés au bout de 15 minutes, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Étain fondu par sa partie d'en bas, en	8.	En	24.
Argent, en	14.	En	40.
Or, en	15.	En	46.
Cuivre, en	$16\frac{1}{2}$.	En	50.
Fer, en	18.	En	56.

X.

Dans le même four, mais à un moindre degré de chaleur, les mêmes boulets avec un autre boulet d'étain, se sont refroidis dans l'ordre suivant.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Étain, en	7.	En	20.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	Refroidis à la température.	minutes.
Argent, en.	11.	En.	31.
Or, en.	$12\frac{1}{2}$.	En.	40.
Cuivre, en.	14.	En.	43.
Fer, en.	$16\frac{1}{2}$.	En.	47.

X I.

DANS le même four & à un degré de chaleur encore moindre, les mêmes boulets se sont refroidis dans les proportions suivantes :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	Refroidis à la température.	minutes.
Étain, en.	6.	En.	17.
Argent, en.	9.	En.	26.
Or, en.	$9\frac{1}{2}$.	En.	28.
Cuivre, en.	10.	En.	31.
Fer, en.	11.	En.	35.

On doit conclure de ces expériences :

1.° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du cuivre, au point de les tenir $:: 11 + 16\frac{1}{2} + 18 : 10 + 14 + 16\frac{1}{2}$, ou $:: 45\frac{1}{2} : 40\frac{1}{2}$ par les trois expériences présentes ; & comme ce rapport a été trouvé par les expériences précédentes, *(art. IV)* $:: 53\frac{1}{2} : 45$, on aura, en ajoutant ces temps, 99 à $85\frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis du premier refroidissement du fer & du cuivre ; & pour le second, c'est-à-dire, pour le refroidissement entier, le rapport donné par les présentes expériences étant $:: 35 + 47$

+ 56 : 31 + 43 + 50, ou : : 138 : 24, & : : 142 : 125. Par les expériences précédentes *(art. IV)*; on aura, en ajoutant ces temps, 280 à 249 pour le rapport encore plus précis du refroidissement entier du fer & du cuivre.

2.° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'or, au point de pouvoir les tenir : : 45 $\frac{1}{2}$: 37, & au point de la température : : 138 : 114.

3.° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir : : 45 $\frac{1}{2}$: 34, & au point de la température : : 138 : 97.

4.° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir : : 45 $\frac{1}{2}$: 21 par les présentes expériences, & : : 24 : 11 par les expériences précédentes *(art. V)*; *ainsi l'on aura*, en ajoutant ces temps, 69 $\frac{1}{2}$ à 32 *pour le rapport encore* plus précis de leur refroidissement; *& pour le second, le* rapport donné par les expériences *présentes étant* : : 138 : 61, & par les *expériences précédentes (art. V)* : : 136 : 73; on aura, en ajoutant ces temps, 274 à 134 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer & de l'étain.

5.° Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui de l'or, au point de pouvoir les tenir : : 40 $\frac{1}{2}$: 37, & : : 124 : 114 pour leur entier refroidissement.

6.° Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir : : 40 $\frac{1}{2}$: 34, & : : 124 : 97 pour leur entier refroidissement.

7.° Que

7.° Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir : : 40 ½ : 21 par les présentes expériences, & : : 43 ½ : 22 ½ par les expériences précédentes *(art. VI);* ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 84 à 43 ½ pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant : : 124 : 61, & : : 123 : 71 par les expériences précédentes *(art. VI);* on aura, en ajoutant ces temps, 247 à 132 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre & de l'étain.

8.° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir : : 37 : 34, & : : 114 : 97 pour leur entier refroidissement.

9.° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir : : 37 : 21, & : : 114 : 61 pour leur entier refroidissement.

10.° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir : : 34 : 21, & : : 97 : 61 pour leur entier refroidissement.

XII.

AYANT mis dans le même four cinq boulets, placés de même & séparés les uns des autres, leur refroidissement s'est fait dans les proportions suivantes.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Antimoine, en..........	$6\frac{1}{2}$.	En..................	25.
Bismuth, en..........	7.	En..................	26.
Plomb, en..........	8.	En..................	27.
Zinc, en............	$10\frac{1}{2}$.	En..................	30.
Émeril, en..........	$11\frac{1}{2}$.	En..................	28.

XIII.

AYANT répété cette expérience avec un degré de chaleur plus fort, & auquel l'étain & le bismuth se sont fondus, les autres boulets se sont refroidis dans la progression suivante.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Antimoine, en..........	$7\frac{1}{2}$.	En..................	28.
Plomb, en..........	$9\frac{1}{2}$.	En..................	39.
Zinc, en............	14.	En..................	44.
Émeril, en..........	16.	En..................	50.

XIV.

ON a placé dans le même four & de la même manière un autre boulet de bismuth, avec six autres boulets qui se sont refroidis dans la progression suivante.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Antimoine, en..........	6.	En..................	23.
Bismuth, en..........	6.	En..................	25.
Plomb, en..........	$7\frac{1}{2}$.	En..................	28.
Argent..............	$9\frac{1}{2}$.	En..................	30.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	Refroidis à la température.	minutes.
Zinc, en	10 ½.	En	32.
Or, en	11.	En	32.
Émeril, en	13 ½.	En	39.

X V.

AYANT répété cette expérience avec les sept mêmes boulets, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	Refroidis à la température.	minutes.
Antimoine, en	6 ½.	En	23.
Bismuth, en	7 ½.	En	31.
Plomb, en	7 ½.	En	29.
Argent, en	11 ½.	En	32.
Zinc, en	13 ½.	En	38.
Or, en	14.	En	41.
Émeril, en	15.	En	44.

Toutes ces expériences ont été faites avec soin & en présence de deux ou trois personnes qui ont jugé comme moi par le tact, & en serrant dans la main pendant une demi-seconde les différens boulets; ainsi l'on doit en conclure :

1.° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'or, au point de pouvoir les tenir : : 28 ½ : 25, & : : 83 : 73 pour leur entier refroidissement.

2.° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du zinc, au point de pouvoir les

toucher : : 56 : 48 $\frac{1}{2}$, & : : 171 : 144 pour leur entier refroidiſſement.

3.° Que le temps du refroidiſſement de l'émeril eſt à celui du refroidiſſement de l'argent, au point de pouvoir les tenir : : 28 $\frac{1}{2}$: 21, & : : 83 : 62 pour leur entier refroidiſſement.

4.° Que le temps du refroidiſſement de l'émeril eſt à celui du refroidiſſement du plomb, au point de les tenir : : 56 : 32 $\frac{1}{2}$, & : : 171 : 123 pour leur entier refroidiſſement.

5.° Que le temps du refroidiſſement de l'émeril eſt à celui du refroidiſſement du biſmuth, au point de les tenir : : 40 : 20 $\frac{1}{2}$, & : : 121 : 80 pour leur entier refroidiſſement.

6.° Que le temps du refroidiſſement de l'émeril eſt à celui du refroidiſſement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir : : 56 : 26 $\frac{1}{2}$, & à la température : : 171 : 99.

7.° Que le temps du refroidiſſement de l'or eſt à celui du refroidiſſement du zinc, au point de les tenir : : 25 : 24, & : : 73 : 70 pour leur entier refroidiſſement.

8.° Que le temps du refroidiſſement de l'or eſt à celui du refroidiſſement de l'argent, au point de pouvoir les tenir : : 25 : 21 par les préſentes expériences, & : : 37 : 34 par les expériences précédentes *(art. XI)*; ainſi l'on aura, en ajoutant ces temps, 62 à 55 pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par les préſentes expériences étant

: : 73 : 62, & : : 114 : 97 par les expériences précédentes *(art. XI)*; on aura, en ajoutant ces temps, 187 : 159 pour le rapport plus précis de leur entier refroidiſſement.

9.° Que le temps du refroidiſſement de l'or eſt à celui du refroidiſſement du plomb, au point de pouvoir les tenir : : 25 : 15, & : : 73 : 57 pour leur entier refroidiſſement.

10.° Que le temps du refroidiſſement de l'or eſt à celui du refroidiſſement du biſmuth, au point de pouvoir les tenir : : 25 : 13 ½, & : : 73 : 56 pour leur entier refroidiſſement.

11.° Que le temps du refroidiſſement de l'or eſt à celui du refroidiſſement de l'antimoine au point de les tenir : : 25 : 12 ½, & : : 73 : 46 pour leur entier refroidiſſement.

12.° Que le temps du refroidiſſement du zinc eſt à celui du refroidiſſement de l'argent, au point de pouvoir les tenir : : 24 : 21, & : : 70 : 62 pour leur entier refroidiſſement.

13.° Que le temps du refroidiſſement du zinc eſt à celui du refroidiſſement du plomb, au point de pouvoir les tenir : : 48 ½ : 32 ½, & : : 144 : 123 pour leur entier refroidiſſement.

14.° Que le temps du refroidiſſement du zinc eſt à celui du refroidiſſement du biſmuth, au point de pouvoir les tenir : : 34 ½ : 20 ½, & : : 100 : 80 pour leur entier refroidiſſement.

15.° Que le temps du refroidiſſement du zinc eſt à

celui du refroidiſſement de l'antimoine, au point de les tenir : : 48 ½ : 26 ½, & à la température : : 144 : 99.

17.° Que le temps du refroidiſſement de l'argent eſt à celui du refroidiſſement du biſmuth, au point de pouvoir les tenir : : 21 : 13 ½, & : : 62 : 56 pour leur entier refroidiſſement.

18.° Que le temps du refroidiſſement de l'argent eſt à celui du refroidiſſement de l'antimoine, au point de les tenir : : 21 : 12 ½, & : : 62 : 46 pour leur entier refroidiſſement.

19.° Que le temps du refroidiſſement du plomb eſt à celui du refroidiſſement du biſmuth, au point de les tenir : : 23 : 20 ½, & : : 84 : 80 pour leur entier refroidiſſement.

20.° Que le temps du refroidiſſement du plomb eſt à celui du refroidiſſement de l'antimoine, au point de les toucher : : 32 ½ : 26 ½, & à la température : : 123 : 99.

21.° Que le temps du refroidiſſement du biſmuth eſt à celui du refroidiſſement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir : : 20 ½ : 19, & : : 80 : 71 pour leur entier refroidiſſement.

Je dois obſerver qu'en général dans toutes ces expériences, les premiers rapports ſont bien plus juſtes que les derniers, parce qu'il eſt difficile de juger du refroidiſſement juſqu'à la température actuelle, & que cette température étant variable, les réſultats doivent varier auſſi ; au lieu que le point du premier refroidiſſement peut être ſaiſi aſſez juſte par la ſenſation que produit ſur la même main la

chaleur du boulet, lorſqu'on peut le tenir ou le toucher pendant une demi-ſeconde.

X V I.

COMME il n'y avoit que deux expériences pour la comparaiſon de l'or avec l'émeril, le zinc, le plomb, le biſmuth & l'antimoine; que le biſmuth s'étoit fondu en entier, & que le plomb & l'antimoine étoient fort endommagés, je me ſuis ſervi d'autres boulets de biſmuth, d'antimoine & de plomb, & j'ai fait une troiſième expérience, en mettant enſemble dans le même four bien chauffé ces ſix boulets; ils ſe ſont refroidis dans l'ordre ſuivant.

Refroidis à les tenir pendant une demi-ſeconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Antimoine, en........	7.	En.................	27.
Biſmuth, en..........	8.	En.................	29.
Plomb, en...........	9.	En.................	33.
Zinc, en............	12.	En.................	37.
Or, en..............	13.	En.................	42.
Émeril, en...........	$15\frac{1}{2}$.	En.................	48.

D'où l'on doit conclure, ainſi que des *expériences XIV & XV.* 1.° Que le temps du refroidiſſement de l'émeril, eſt à celui du refroidiſſement de l'or, au point de pouvoir les tenir :: 44 : 38, & au point de la température :: 131 : 115.

2.° Que le temps du refroidiſſement de l'émeril, eſt à celui du refroidiſſement du zinc, au point de pouvoir

les tenir :: 15 $\frac{1}{2}$: 12; mais le rapport trouvé par les expériences précédentes *(art. XV)* étant :: 56 : 48$\frac{1}{2}$, on aura, en ajoutant ces temps, 71 $\frac{1}{2}$ à 60 $\frac{1}{2}$ pour leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport trouvé par l'expérience préſente, étant :: 48 : 37, & par les expériences précédentes *(art. XV)* :: 171 : 144; ainſi en ajoutant ces temps, on aura 239 à 181 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement de l'émeril & du zinc.

3.° Que le temps du refroidiſſement de l'émeril eſt à celui du refroidiſſement du plomb, au point de pouvoir les tenir :: 15 $\frac{1}{2}$: 9, mais le rapport trouvé par les expériences précédentes *(article XV)* étant :: 56 : 32 $\frac{1}{2}$; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 71 $\frac{1}{2}$ à 41 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par l'expérience précédente, étant :: 48 : 33; & par les expériences précédentes *(art. XV)* :: 171 : 123; on aura, en ajoutant ces temps, 239 à 156 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement de l'émeril & du plomb.

4.° Que le temps du refroidiſſement de l'émeril eſt à celui du refroidiſſement du biſmuth, au point de pouvoir les tenir :: 15 $\frac{1}{2}$: 8; & par les expériences précédentes, *(article XV)* :: 40 : 20 $\frac{1}{2}$; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 55 $\frac{1}{2}$ à 28 $\frac{1}{2}$, pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par l'expérience préſente, étant :: 48 : 29, &

:: 121 : 80 par les expériences précédentes *(art. XV)*; on aura, en ajoutant ces temps, 169 à 109 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril & du bismuth.

5.° Que le temps du refroidissement de l'émeril, est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir :: 15 $\frac{1}{2}$: 7; mais le rapport trouvé par les expériences précédentes *(art. XV)* étant :: 56 : 26 $\frac{1}{2}$; on aura, en ajoutant ces temps, 71 $\frac{1}{2}$ à 33 $\frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par l'expérience présente, étant :: 48 : 27, & :: 171 : 99 par les expériences précédentes *(art. XV)*; on aura, en ajoutant ces temps, 219 à 126 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril & de l'antimoine.

6.° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du zinc, au point de pouvoir les tenir :: 38 : 36, & :: 115 : 107 pour leur entier refroidissement.

7.° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du plomb, au point de les toucher :: 38 : 24, & à la température :: 115 : 90.

8.° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir :: 38 : 21 $\frac{1}{2}$, & à la température :: 115 : 85.

9.° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les toucher :: 38 : 19 $\frac{1}{2}$, & à la température :: 115 : 69.

10.° Que le temps du refroidiſſement du zinc eſt à celui du refroidiſſement du plomb, au point de pouvoir les tenir :: 12 : 9. Mais le rapport trouvé par les expériences précédentes *(art. XV)* étant :: 48 $\frac{1}{2}$: 32 $\frac{1}{2}$, on aura, en ajoutant ces temps, 60 $\frac{1}{2}$ à 41 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par l'expérience préſente étant :: 37 : 33, & par les expériences précédentes *(art. XV)* :: 144 : 123; on aura, en ajoutant ces temps, *181 à 156* pour le rapport encore plus précis *de l'entier refroidiſſement* du zinc & du plomb.

11.° Que le temps du refroidiſſement du zinc *eſt* à celui du *refroidiſſement du biſmuth*, au point de les toucher :: *12 : 8 par la préſente expérience*; mais le rapport trouvé par les expériences précédentes *(art. XV)* étant :: 34 $\frac{1}{2}$: 20 $\frac{1}{2}$; en ajoutant ces temps, on aura 46 $\frac{1}{2}$ à 28 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par l'expérience préſente étant :: 37 : 29, & par les expériences précédentes *(art. XV)* :: 100 : 80; on aura, en ajoutant ces temps, 137 à 109 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement du zinc & du biſmuth.

12.° Que le temps du refroidiſſement du zinc eſt à celui du refroidiſſement de l'antimoine, pour pouvoir les tenir :: 12 : 7 par la préſente expérience; mais comme le rapport trouvé par les expériences précédentes *(art. XV)* eſt :: 48 $\frac{1}{2}$: 26 $\frac{1}{2}$; on aura, en ajoutant ces temps, 60 $\frac{1}{2}$ à 33 $\frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de leur

premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par l'expérience préſente, étant :: 37 : 27, & :: 144 : 99 par les expériences précédentes *(art. XV)*; on aura, en ajoutant ces temps, 181 à 126 pour le rapport plus précis de l'entier refroidiſſement du zinc & de l'antimoine.

13.° Que le temps du refroidiſſement du plomb eſt à celui du refroidiſſement du biſmuth, au point de pouvoir les tenir :: 9 : 8 par l'expérience préſente, & :: 23 : 20½ par les expériences précédentes *(art. XV)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 32 à 28½ pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par la préſente expérience étant :: 33 : 29 & :: 84 : 80 par les expériences précédentes *(art. XV)*; on aura, en ajoutant ces temps, 117 à 109 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement du plomb & du biſmuth.

14.° Que le temps du refroidiſſement du plomb eſt à celui du refroidiſſement de l'antimoine, au point de les tenir :: 9 : 7 par la préſente expérience, & :: 32½ : 26½ par les expériences précédentes *(art. XV)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 41½ à 33½ pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par l'expérience préſente étant :: 33 : 27, & :: 123 : 99 par les expériences précédentes *(art. XV)*; on aura, en ajoutant ces temps, 156 à 126 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement du plomb & de l'antimoine.

15.° Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir :: 8 : 7 par l'expérience présente, & :: 20 ½ : 19 par les expériences précédentes *(art. XV)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 28 ½ à 26 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par l'expérience présente, étant :: 29 : 27, & :: 80 : 71 par les expériences précédentes *(art. XV)*; on aura, en ajoutant ces temps, 109 à 98, pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du bismuth & de l'antimoine.

XVII.

COMME il n'y avoit de même que deux expériences pour la comparaison de l'argent avec l'émeril, le zinc, le plomb, le bismuth & l'antimoine, j'en ai fait une troisième, en mettant dans le même four, qui s'étoit un peu refroidi, les six boulets ensemble, & après les en avoir tirés tous en même temps, comme on l'a toujours fait, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant:

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Antimoine, en..........	6.	En..................	29.
Bismuth, en..........	7.	En..................	31.
Plomb, en..........	8 ¼.	En..................	34.
Argent, en..........	11 ½.	En..................	36.
Zinc, en..........	12 ½.	En..................	39.
Émeril, en..........	15 ½.	En..................	47.

On doit conclure de cette expérience & de celles des *articles XIV* & *XV.*

1.° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du zinc, au point de les tenir, par l'expérience présente :: $15\frac{1}{2}$: $12\frac{1}{2}$, & :: $71\frac{1}{2}$: $60\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes *(art. XVI)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 87 à 73 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 47 : 39, & par les expériences précédentes *(art. XVI)* :: 239 : 181; on aura, en ajoutant ces temps, 286 à 220 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril & du zinc.

2.° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'argent :: 44 : $32\frac{1}{2}$ au point de les tenir, & :: 130 : 98 pour leur entier refroidissement.

3.° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du plomb, au point de les tenir :: $15\frac{1}{2}$: $8\frac{1}{4}$ par l'expérience présente, & :: $71\frac{1}{2}$: $41\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes *(art. XVI)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 87 à $49\frac{3}{4}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 47 : 34, & :: 239 : 156 par les expériences précédentes *(art. XVI)*; on aura, en ajoutant ces temps, 286 à 190 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril & du plomb.

4.° Que le temps du refroidiſſement de l'émeril eſt à celui du refroidiſſement du biſmuth, au point de pouvoir les tenir : : 15 $\frac{1}{2}$: 7, par l'expérience préſente; & : : 55 $\frac{1}{2}$: 28 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes, *(art. XVI)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 71 à 35 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par l'expérience préſente étant : : 47 : 31, & : : 169 : 109 par les expériences précédentes *(art. XVI)*; on aura, en ajoutant ces temps, 216 à 140 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement de l'émeril & du biſmuth.

5.° Que le temps du refroidiſſement de l'émeril eſt à celui du refroidiſſement de l'antimoine, au point de les tenir : : 15 $\frac{1}{2}$: 6 par l'expérience préſente, & : : 71 $\frac{1}{2}$: 33 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes *(art. XVI)*; ainſi en ajoutant ces temps, on aura 87 à 39 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par l'expérience préſente étant : : 47 : 29, & par les expériences précédentes *(art. XVI)*; : : 219 : 126; on aura, en ajoutant ces temps, 266 à 155 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement de l'émeril & de l'antimoine.

6.° Que le temps du refroidiſſement du zinc eſt à celui du refroidiſſement de l'argent, au point de pouvoir les tenir : : 36 $\frac{1}{2}$: 32 $\frac{1}{2}$; & : : 109 : 98 pour leur entier refroidiſſement.

7.° Que le temps du refroidiſſement du zinc eſt à celui

du refroidiſſement du plomb, au point de pouvoir les tenir : : 12 $\frac{1}{2}$: 8 $\frac{1}{4}$ par l'expérience préſente, & : : 60 $\frac{1}{2}$: 41 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes *(art. XVI)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 73 à 43 $\frac{3}{4}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par l'expérience préſente étant : : 39 : 33, & par les expériences précédentes *(art. XVI)* : : 181 : 156, on aura, en ajoutant ces temps, 220 à 189 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement du zinc & du plomb.

8.° Que le temps du refroidiſſement du zinc eſt à celui du refroidiſſement du biſmuth, au point de pouvoir les tenir : : 12 $\frac{1}{2}$: 7 par la préſente expérience; & : : 46 $\frac{1}{2}$: 28 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes *(art. XVI)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 59 à 35 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par l'expérience préſente étant : : 39 : 31, & : : 137 : 109 par les expériences précédentes *(art. XVI)*; on aura, en ajoutant ces temps, 176 à 140 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement du zinc & du biſmuth.

9.° Que le temps du refroidiſſement du zinc eſt à celui du refroidiſſement de l'antimoine, au point de les tenir : : 12 $\frac{1}{2}$: 6 par la préſente expérience, & : : 60 $\frac{1}{2}$: 33 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes *(art. XVI)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 73 à 39 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport trouvé par l'expérience préſente étant : : 39 : 29,

& : : 181 : 126 par les expériences précédentes *(art. XVI)*; on aura, en ajoutant ces temps, 220 à 155 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc & de l'antimoine.

10.° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir : : $32\frac{1}{2}$: $23\frac{1}{4}$, & : : 98 : 90 pour leur entier refroidissement.

11.° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir : : $32\frac{1}{2}$: $20\frac{1}{2}$, & : : 98 : 87 pour leur entier refroidissement.

12.° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir : : $32\frac{1}{2}$: $18\frac{1}{2}$, & : : 98 : 75 pour leur entier refroidissement.

13.° Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir : : $8\frac{1}{4}$: 7 par la présente expérience, & : : 32 : $28\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes *(art. XVI)*; on aura, en ajoutant ces temps $40\frac{1}{4}$ à $35\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant : : 34 : 31, & : : 117 : 109 par les expériences précédentes *(art. XVI)*; on aura, en ajoutant ces temps, 141 à 140 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb & du bismuth.

14.° Que

14.° Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir : : 8 $\frac{1}{4}$: 6 par l'expérience présente, & par les expériences précédentes *(art. XVI)* : : 41 $\frac{1}{2}$: 33 $\frac{1}{2}$; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 49 $\frac{3}{4}$ à 39 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : : 34 : 29, & : : 156 : 126 par les expériences précédentes *(art. XVI)*; on aura, en ajoutant ces temps, 190 à 155 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb & de l'antimoine.

15.° Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir : : 7 : 6 par la présente expérience, & : : 28 $\frac{1}{2}$: 26 par les expériences précédentes *(art. XVI)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 35 $\frac{1}{2}$ à 32 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : : 31 : 29, & : : 109 : 98 par les expériences précédentes *(art. XVI)*; on aura, en ajoutant ces temps, 140 à 127 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du bismuth & de l'antimoine.

XVIII.

On a mis dans le même four un boulet de verre, un nouveau boulet d'étain, un de cuivre & un de fer pour en faire une première comparaison, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Étain, en.............	8.	En.................	27.
Verre, en............	8 ½.	En.................	22.
Cuivre, en...........	14.	En.................	42.
Fer, en..............	16.	En.................	50.

XIX.

LA même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Étain, en.............	7 ½.	En.................	21.
Verre, en............	8.	En.................	23.
Cuivre, en...........	12.	En.................	36.
Fer, en..............	15.	En.................	47.

XX.

PAR une troisième expérience, les boulets chauffés pendant un plus long temps, mais à une chaleur un peu moindre, se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Étain, en.............	8 ½.	En.................	22.
Verre, en............	9.	En.................	24.
Cuivre, en...........	15.	En.................	43.
Fer, en..............	17.	En.................	46.

XXI.

PAR une quatrième expérience répétée, les mêmes boulets chauffés à un feu plus ardent, se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Étain, en.	$8 \frac{1}{2}$.	En.	25.
Verre, en.	9.	En.	25.
Cuivre, en.	$11 \frac{1}{2}$.	En.	35.
Fer, en.	14.	En.	43.

Il résulte de ces expériences répétées quatre fois:

1.° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du cuivre, au point de les tenir : : 62 : $52 \frac{1}{2}$ par les présentes expériences, & : : 99 : $85 \frac{1}{2}$ par les expériences précédentes *(art. XI)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 161 à 138 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant : : 186 : 156, & par les expériences précédentes *(art. XI)* : : 280 : 249; on aura, en ajoutant ces temps, 466 à 405 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer & du cuivre.

2.° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir : : 62 : $34 \frac{1}{2}$, & : : 186 : 97 pour leur entier refroidissement.

3.° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir : : 62 : $32 \frac{1}{2}$ par les présentes expériences; & : : $69 \frac{1}{2}$: 32 par les expériences précédentes *(art. XI)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $131 \frac{1}{2}$ à $64 \frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant : : 186

: 92, & : : 274 : 134 par les expériences précédentes *(art. XI)*; on aura, en ajoutant ces temps, 460 à 226 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer & de l'étain.

4.° Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir : : 51 $\frac{1}{2}$: 34 $\frac{1}{2}$, & : : 157 : 97 pour leur entier refroidissement.

5.° Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir : : 52 $\frac{1}{2}$: 32 $\frac{1}{2}$ par les expériences présentes; & : : 84 : 43 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes *(art. XI)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 136 $\frac{1}{2}$ à 76 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant : : 157 : 92, & par les expériences précédentes *(art. XI)* : : 247 : 132; on aura, en ajoutant ces temps, 304 à 224 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre & de l'étain.

6.° Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir : : 24 $\frac{1}{2}$: 32 $\frac{1}{2}$, & : : 97 : 92 pour leur entier refroidissement.

XXII.

On a fait chauffer ensemble les boulets d'or, de verre, de porcelaine, de gyps & de grès, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant:

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gyps, en.	5.	En.	14.
Porcelaine, en	$8\frac{1}{2}$.	En.	25.
Verre, en.	9.	En.	26.
Grès, en.	10.	En.	32.
Or, en.	$14\frac{1}{2}$.	En.	45.

XXIII.

La même expérience répétée ſur les mêmes boulets, ils ſe ſont refroidis dans l'ordre ſuivant:

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gyps, en.	4.	En.	13.
Porcelaine, en.	7.	En.	22.
Verre, en	$9\frac{1}{2}$.	En.	24.
Grès, en.	$9\frac{1}{2}$.	En.	33.
Or, en	$13\frac{1}{2}$.	En.	41.

XXIV.

La même expérience répétée, les boulets ſe ſont refroidis dans l'ordre ſuivant:

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gyps, en.	$2\frac{1}{2}$.	En.	12.
Porcelaine, en.	$5\frac{1}{2}$.	En.	19.
Verre, en.	$8\frac{1}{2}$.	En.	20.
Grès, en.	$8\frac{1}{2}$.	En.	25.
Or, en.	10.	En.	32.

Il réſulte de ces trois expériences:

1.° Que le temps du refroidiſſement de l'or eſt à celui

du refroidissement du grès, au point de les tenir : : 38 : 28, & : : 118 : 90 pour leur entier refroidissement.

2.° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir : : 38 : 27, & : : 118 : 70 pour leur entier refroidissement.

3.° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de la porcelaine, au point de les tenir : : 38 : 21, & : : 118 : 66 pour leur entier refroidissement.

4.° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du gyps, au point de les tenir : : 38 : 12 $\frac{1}{2}$, & : : 118 : 39 pour leur entier refroidissement.

5.° Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir : : 28 $\frac{1}{2}$: 27, & : : 90 : 70 pour leur entier refroidissement.

6.° Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement de la porcelaine, au point de pouvoir les tenir : : 28 $\frac{1}{2}$: 21, & : : 90 : 66 pour leur entier refroidissement.

7.° Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du gyps, au point de les tenir : : 28 $\frac{1}{2}$: 12 $\frac{1}{2}$, & : : 90 : 39 pour leur entier refroidissement.

8.° Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de la porcelaine, au point de les tenir : : 27 : 21, & : : 70 : 66 pour leur entier refroidissement.

9.° Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement du gyps, au point de les tenir : : 27 : 12 $\frac{1}{2}$, & 70 : 39 pour leur entier refroidissement.

10.° Que le temps du refroidissement de la porcelaine

eſt à celui du refroidiſſement du gyps, au point de les tenir : : 21 : 12 ½, & : : 66 : 39 pour leur entier refroidiſſement.

XXV.

On a fait chauffer de même les boulets d'argent, de marbre commun, de pierre dure, de marbre blanc & de pierre calcaire tendre d'Anières près de Dijon.

Refroidis à les tenir pendant une demi-ſeconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Pierre calcaire tendre, en.	8.	En.	25.
Pierre dure, en.	10.	En.	34.
Marbre commun, en. . . .	11.	En.	35.
Marbre blanc, en.	12.	En.	36.
Argent, en.	13 ½.	En.	40.

XXVI.

La même expérience répétée, les boulets ſe ſont refroidis dans l'ordre ſuivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-ſeconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Pierre calcaire tendre, en. .	9.	En.	27.
Pierre calcaire dure, en. . .	11.	En.	37.
Marbre commun, en. . . .	13.	En.	40.
Marbre blanc, en.	14.	En.	40.
Argent, en.	16.	En.	43.

XXVII.

La même expérience répétée, les boulets ſe ſont refroidis dans l'ordre ſuivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Pierre calcaire tendre, en..	9.	En..................	26.
Pierre calcaire dure, en..	10 ½.	En..................	36.
Marbre commun, en....	12 ½.	En..................	38.
Marbre blanc, en.......	13 ½.	En..................	39.
Argent, en...........	16.	En..................	42.

Il résulte de ces trois expériences :

1.° Que le temps du refroidissement de l'argent *est à* celui du refroidissement du marbre blanc, au point de les tenir : : 45 ½ : 39 ½, & : : 125 : 115 pour leur entier refroidissement.

2.° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du marbre commun, au point de les tenir : : 45 ½ : 36, & : : 125 : 113 pour leur entier refroidissement.

3.° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir : : 45 ½ : 31 ½, & : : 125 : 107 pour leur entier refroidissement.

4.° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir : : 45 ½ : 26, & : : 125 : 78 pour leur entier refroidissement.

5.° Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du marbre commun, au point de les tenir : : 39 ½ : 36, & : : 115 : 113 pour leur entier refroidissement.

6.° Que

6.° Que le temps du refroidiſſement du marbre blanc eſt à celui du refroidiſſement de la pierre dure, au point de les tenir : : 39½ : 31½, & : : 115 : 107 pour leur entier refroidiſſement.

7.° Que le temps du refroidiſſement du marbre blanc eſt à celui du refroidiſſement de la pierre tendre, au point de les tenir : : 39½ : 26, & : : 115 : 78 pour leur entier refroidiſſement.

8.° Que le temps du refroidiſſement du marbre commun eſt à celui du refroidiſſement de la pierre dure, au point de les tenir : : 36 : 31½, & : : 113 : 109 pour leur entier refroidiſſement.

9.° Que le temps du refroidiſſement du marbre commun eſt à celui du refroidiſſement de la pierre tendre, au point de les tenir : : 36 : 26, & : : 113 : 78 pour leur entier refroidiſſement.

10.° Que le temps du refroidiſſement de la pierre dure eſt à celui du refroidiſſement de la pierre tendre, au point de les tenir : : 31½ : 26, & : : 107 : 78 pour leur entier refroidiſſement.

XXVIII.

ON a mis dans le même four bien chauffé, des boulets d'or, de marbre blanc, de marbre commun, de pierre dure & de pierre tendre, ils ſe ſont refroidis dans l'ordre ſuivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-ſeconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Pierre calcaire tendre, en. .	9.	En.	29.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Marbre commun, en....	11 ½.	En..................	35.
Pierre dure, en.........	11 ½.	En..................	35.
Marbre blanc, en......	13.	En..................	35.
Or, en..............	15 ½.	En..................	45.

X X I X.

La même expérience répétée à une moindre chaleur, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant:

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Pierre calcaire tendre, en..	6.	En..................	19.
Pierre dure, en.........	8.	En..................	25.
Marbre commun, en....	9 ½.	En..................	26.
Marbre blanc, en......	10.	En..................	29.
Or, en..............	12.	En..................	37.

X X X.

La même expérience répétée une troisième fois, les boulets chauffés à un feu plus ardent, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant:

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Pierre tendre, en.......	7.	En..................	20.
Pierre dure, en........	8.	En..................	24.
Marbre commun, en....	8 ½.	En..................	20.
Marbre blanc, en......	9.	En..................	28.
Or, en..............	12.	En..................	35.

Il résulte de ces trois expériences:

1.° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui

du refroidissement du marbre blanc, au point de les tenir : : 39 $\frac{1}{2}$: 32, & : : 117 : 92 pour leur entier refroidissement.

2.° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du marbre commun, au point de les tenir : : 39 $\frac{1}{2}$: 29 $\frac{1}{2}$, & : : 117 : 87 pour leur entier refroidissement.

3.° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir : : 39 $\frac{1}{2}$: 27 $\frac{1}{2}$, & : : 117 : 86 pour leur entier refroidissement.

4.° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir : : 39 $\frac{1}{2}$: 22, & : : 117 : 68 pour leur entier refroidissement.

5.° Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du marbre commun, au point de les tenir : : 32 : 29, & : : 92 : 87 pour leur entier refroidissement.

6.° Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir : : 32 : 27 $\frac{1}{2}$, & : : 92 : 84 pour leur entier refroidissement.

7.° Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir : : 32 : 22, & : : 92 : 68 pour leur entier refroidissement.

8.° Que le temps du refroidiſſement du marbre commun eſt à celui du refroidiſſement de la pierre dure, au point de les tenir : : 29 : 27 ½, & : : 87 : 84 pour leur entier refroidiſſement.

9.° Que le temps du refroidiſſement du marbre commun eſt à celui du refroidiſſement de la pierre tendre, au point de les tenir : : 29 : 22, & : : 87 : 68 pour leur entier refroidiſſement.

10.° Que le temps du refroidiſſement de la pierre dure eſt à celui du refroidiſſement de la pierre tendre, au point de les tenir : : 27 ½ : 22, & : : 84 : 68 pour leur entier refroidiſſement.

XXXI.

On a mis dans le même four les boulets d'argent, de grès, de verre, de porcelaine & de gyps, ils ſe ſont refroidis dans l'ordre ſuivant.

Refroidis à les tenir pendant une demi-ſeconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes
Gyps, en	3.	En	14.
Porcelaine, en	6 ½.	En	17.
Verre, en	8 ¾.	En	20.
Grès, en	9.	En	27.
Argent, en	12 ½.	En	35.

XXXII.

La même expérience répétée & les boulets chauffés à une chaleur moindre, ils ſe ſont refroidis dans l'ordre ſuivant.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gyps, en	3.	En..................	13.
Porcelaine, en..	7.	En..................	19.
Verre, en.............	$8\frac{1}{2}$.	En..................	22.
Grès, en.............	$9\frac{1}{2}$.	En..................	26.
Argent, en............	12.	En..................	34.

XXXIII.

La même expérience répétée une troiſième fois, les boulets ſe ſont refroidis dans l'ordre ſuivant.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gyps, en.............	3.	En..................	12.
Porcelaine, en..........	6.	En..................	17.
Verre, èn............	$7\frac{3}{4}$.	En..................	20.
Grès, en.............	8.	En..................	27.
Argent, en............	$11\frac{1}{2}$.	En..................	34.

Il réſulte de ces trois expériences.

1.° Que le temps du refroidiſſement de l'argent eſt à celui du refroidiſſement du grès, au point de les tenir : : 36 : $26\frac{1}{2}$, & : : 103 : 80 pour leur entier refroidiſſement.

2.° Que le temps du refroidiſſement de l'argent eſt à celui du refroidiſſement du verre, au point de les tenir : : 36 : 25, & : : 103 : 62 pour leur entier refroidiſſement.

3.° Que le temps du refroidiſſement de l'argent eſt à celui du refroidiſſement de la porcelaine, au point de les

tenir :: 36 : 20, & :: 103 : 54 pour leur entier refroidissement.

4.° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du gyps, au point de les tenir :: 36 : 9, & :: 103 : 39 pour leur entier refroidissement.

5.° Que le temps du refroidissement du grès, est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir :: 26 $\frac{1}{3}$: 25 par les expériences présentes, & :: 28 $\frac{1}{2}$: 27 par les expériences précédentes *(art. XXIV)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 55 à 52 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences, étant :: 80 : 62, & :: 90 : 70 par les expériences précédentes *(art. XXIV)*; on aura, en ajoutant ces temps, 170 à 132 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès & du verre.

6.° Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement de la porcelaine, au point de pouvoir les tenir :: 26 $\frac{1}{2}$: 19 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, & :: 28 $\frac{1}{2}$: 21 par les expériences précédentes *(art. XXIV)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 55 à 40 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 80 : 54, & :: 90 : 66 par les précédentes expériences *(art. XXIV)*; on aura, en ajoutant ces temps, 170 à 120 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès & de la porcelaine.

7.° Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du gyps, au point de les tenir : : 26 $\frac{1}{2}$: 9 par les expériences présentes, & : : 28 $\frac{1}{2}$: 12 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes *(art. XXIV)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 55 à 21 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement, & pour le second, le rapport donné par la présente expérience, étant : : 80 : 39, & : : 90 : 39 par les expériences précédentes *(art. XXIV)*; on aura, en ajoutant ces temps, 170 à 78 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès & du gyps.

8.° Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de la porcelaine, au point de les tenir : : 25 : 19 par les présentes expériences, & : : 27 : 21 par les expériences précédentes *(art. XXIV)*; ainsi en ajoutant ces temps, on aura 52 à 40 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement. Et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant : : 62 : 51, & : : 70 : 66 par les expériences précédentes *(art. XXIV)*; on aura, en ajoutant ces temps, 132 à 117 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre & de la porcelaine.

9.° Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement du gyps, au point de les tenir : : 25 : 9 par les présentes expériences, & : : 27 : 12 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes *(art. XXIV)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps 52 à 21 $\frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement. Et pour le

ſecond, le rapport donné par les préſentes expériences, étant : : 62 : 39, & : : 70 : 39 par les expériences précédentes *(art. XXIV)*; on aura, en ajoutant ces temps, 132 à 78 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement du verre & du gyps.

10.° Que le temps du refroidiſſement de la porcelaine eſt à celui du refroidiſſement du gyps au point de les tenir : : 19 ½ : 9 par les préſentes expériences, & : : 21 : 12 ½ par les expériences précédentes *(art. XXIV)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps 40 ½ à 21 ½ pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement: Et pour le ſecond, le rapport donné par l'expérience préſente étant : : 54 : 39, & par les expériences précédentes *(art. XXIV)* : : 66 : 39; on aura, en ajoutant ces temps, 120 à 78 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement de la porcelaine & du gyps.

XXXIV.

On a mis dans le même four les boulets d'or, de craie blanche, d'ocre & de glaiſe, ils ſe ſont refroidis dans l'ordre ſuivant.

Refroidis à les tenir pendant une demi-ſeconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Craie, en...........	6.	En..................	15.
Ocre, en.............	6 ½.	En..................	16.
Glaiſe, en...........	7.	En..................	18.
Or, en...............	12.	En..................	36.

XXXV.

XXXV.

LA même expérience répétée avec les mêmes boulets & un boulet de plomb, leur refroidissement s'est fait dans l'ordre suivant.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Craie, en.............	4.	En.................	11.
Ocre, en.............	5.	En.................	23.
Glaise, en.............	$5\frac{1}{2}$.	En.................	15.
Plomb, en.............	7.	En.................	18.
Or, en.............	$9\frac{1}{2}$.	En.................	29.

Il résulte de ces deux expériences.

1.° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir :: $9\frac{1}{2}$: 7 par l'expérience présente, & :: 38 : 24 par les expériences précédentes *(art. XVI);* ainsi on aura, en ajoutant ces temps $47\frac{1}{2}$ à 31 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement. Et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 29 : 18, & :: 115 : 90 par les expériences précédentes *(art. XVI);* on aura, en ajoutant ces temps, 144 à 108 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or & du plomb.

2.° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de la glaise au point de les tenir :: $21\frac{1}{2}$: $12\frac{1}{2}$, & :: 65 : 33 pour leur entier refroidissement.

3.° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui

du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir : : 21 ½ : 11 ½, & : : 65 : 29 pour leur entier refroidissement.

4.° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir : : 21 ½ : 10, & : : 65 : 26 pour leur entier refroidissement.

5.° Que le temps du refroidissement du plomb, est à celui du refroidissement de la glaise, au point de pouvoir les tenir : : 7 : 5 ½, & : : 18 : 15 pour leur entier refroidissement.

6.° Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir : : 7 : 5, & : : 18 : 13 pour leur entier refroidissement.

7.° Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir : : 7 : 4, & : : 18 : 11 pour leur entier refroidissement.

8.° Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de l'ocre au point de pouvoir les tenir : : 12 ½ : 11 ½, & : : 33 : 29 pour leur entier refroidissement.

9.° Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir : : 12 ½ : 10, & : : 33 : 26 pour leur entier refroidissement.

10.° Que le temps du refroidissement de l'ocre est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir : : 11 ½ : 10, & : : 29 : 26 pour leur entier refroidissement.

XXXVI.

On a mis dans le même four les boulets de fer, d'argent, de gyps, de pierre ponce & de bois, mais à un degré de chaleur moindre, pour ne point faire brûler le bois, & ils se sont refroidis dans l'ordre suivant:

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Pierre ponce, en.......	2.	En.................	5.
Bois, en............	2.	En.................	6.
Gyps, en..........	$2\frac{1}{2}$.	En.................	11.
Argent, en..........	10.	En.................	35.
Fer, en..............	13.	En.................	40.

XXXVII.

La même expérience répétée à une moindre chaleur, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant:

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Pierre ponce, en......	$1\frac{1}{2}$.	En.................	4.
Bois, en............	2.	En.................	5.
Gyps, en............	$2\frac{1}{2}$.	En.................	9.
Argent, en...........	7.	En.................	24.
Fer, en.............	$8\frac{1}{2}$.	En.................	31.

Il résulte de ces expériences:

1.° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir :: $21\frac{1}{2}$: 17 par les présentes expériences, & :: $45\frac{1}{2}$: 34 par les expériences précédentes *(art. XI)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 67 à 51 pour le rapport plus précis de

leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par les expériences préſentes, étant : : 71 : 59, & : : 138 : 97 par les expériences précédentes *(art. XI)*; on aura, en ajoutant ces temps, 209 à 156 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement du fer & de l'argent.

2.° Que le temps du refroidiſſement du fer eſt à celui du refroidiſſement du gyps, au point de pouvoir les tenir : : 21 $\frac{1}{2}$: 5, & : : 71 : 20 pour leur entier refroidiſſement.

3.° Que le temps du refroidiſſement du fer eſt à celui du refroidiſſement du bois, au point de pouvoir les tenir : : 21 $\frac{1}{2}$: 4, & : : 71 : 11 pour leur entier refroidiſſement.

4.° Que le temps du refroidiſſement du fer eſt à celui du refroidiſſement de la pierre ponce, au point de les tenir : : 21 $\frac{1}{2}$: 3 $\frac{1}{2}$, & : : 71 : 9 pour leur entier refroidiſſement.

5.° Que le temps du refroidiſſement de l'argent eſt à celui du refroidiſſement du gyps, au point de les tenir : : 17 : 5, & : : 59 : 30 pour leur entier refroidiſſement.

6.° Que le temps du refroidiſſement de l'argent eſt à celui du refroidiſſement du bois, au point de pouvoir les tenir : : 17 : 4, & : : 59 : 11 pour leur entier refroidiſſement.

7.° Que le temps du refroidiſſement de l'argent eſt à celui du refroidiſſement de la pierre ponce au point de pouvoir les tenir : : 17 : 3 $\frac{1}{2}$, & : : 59 : 9 pour leur entier refroidiſſement.

8.° Que le temps du refroidiſſement du gyps eſt à celui

du refroidissement du bois, au point de pouvoir les tenir :: 5 : 4, & :: 20 : 11, pour leur entier refroidissement.

9.° Que le temps du refroidissement du gyps est à celui du refroidissement de la pierre ponce, au point de pouvoir les tenir :: 5 : 3 $\frac{1}{2}$, & :: 20 : 9 pour leur entier refroidissement.

10.° Que le temps du refroidissement du bois est à celui du refroidissement de la pierre ponce, au point de les tenir :: 4 : 3 $\frac{1}{2}$, & :: 11 : 9 pour leur entier refroidissement.

XXXVIII.

AYANT fait chauffer ensemble les boulets d'or, d'argent, de pierre tendre & de gyps, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gyps, en	4 $\frac{1}{2}$.	En	14.
Pierre tendre, en	12.	En	27.
Argent, en	16.	En	42.
Or, en	18.	En	47.

Il résulte de cette expérience :

1.° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir :: 18 : 16 par l'expérience présente, & :: 62 : 55 par les expériences précédentes *(art. XV)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 98 à 71 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 35 : 42,

& : : 187 : 159 par les expériences précédentes *(art. XV)*; on aura, en ajoutant ces temps, 234 à 201 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement de l'or & de l'argent.

2.° Que le temps du refroidiſſement de l'or eſt à celui du refroidiſſement de la pierre tendre, au point de les tenir : : 18 : 12, & : : 39 $\frac{1}{2}$: 23 par les expériences précédentes *(art. XXX)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 57 $\frac{1}{2}$ à 35 pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par l'expérience préſente étant : : 47 : 27, & par les expériences précédentes *(art. XXX)* : : 117 : 68; on aura, en ajoutant ces temps, 164 à 95 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement de l'or & de la pierre tendre.

3.° Que le temps du refroidiſſement de l'or eſt à celui du refroidiſſement du gyps, au point de les tenir : : 18 : 4 $\frac{1}{2}$, & : : 38 : 12 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes *(art. XXIV)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 56 à 17 pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par la préſente expérience : : 47 : 14, & : : 118 : 39 par les expériences précédentes *(art. XXIV)*; on aura, en ajoutant ces temps, 165 à 53 pour le rapport encore plus précis de leur entier refroidiſſement.

4.° Que le temps du refroidiſſement de l'argent eſt à celui du refroidiſſement de la pierre tendre, au point de les tenir : : 16 : 12 par la préſente expérience, & : : 45 $\frac{1}{2}$: 26

par les expériences précédentes *(art. XXVII)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 61 ½ à 38 pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par la préſente expérience étant :: 42 : 27, & :: 125 : 78 par les expériences précédentes *(art. XXVII)*; on aura, en ajoûtant ces temps, 167 à 105 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement de l'argent & de la pierre tendre.

5.° Que le temps du refroidiſſement de l'argent eſt à celui du refroidiſſement du gyps, au point de les tenir :: 16 : 4½ par la préſente expérience, & :: 17 : 5 par les expériences précédentes *(art. XXXVI)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 33 à 9½ pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par l'expérience préſente étant :: 42 : 14, & :: 59 : 20 par les expériences précédentes *(art. XXXVI)*; on aura, en ajoutant ces temps, 101 à 34 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement de l'argent & du gyps.

6.° Que le temps du refroidiſſement de la pierre tendre eſt à celui du refroidiſſement du gyps, au point de les tenir :: 12 : 4½, & :: 72 : 14 pour leur entier refroidiſſement.

XXXIX.

AYANT fait chauffer pendant vingt minutes, c'eſt-à-dire, pendant un temps à peu-près double de celui qu'on tenoit ordinairement les boulets au feu, qui étoit communément de dix minutes, les boulets de fer, de cuivre,

de verre, de plomb & d'étain, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Étain, en............	10.	En.................	25.
Plomb, en............	11.	En.................	30.
Verre, en............	12.	En.................	35.
Cuivre, en............	16 ½.	En.................	44.
Fer, en............	20 ½.	En.................	50.

Il résulte de cette expérience qui a été faite avec la plus grande précaution :

1.° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du cuivre, au point de les tenir : : 20 ½ : 16 ½ par la présente expérience, & : : 161 : 138 par les expériences précédentes *(art. XXI)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 181 ½ à 154 ½ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant : : 50 : 44, & : : 466 : 405 par les expériences précédentes *(article XXI)*; on aura, en ajoutant ces temps, 516 à 449 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer & du cuivre.

2.° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du verre, au point de pouvoir les tenir : : 20 ½ : 12 par l'expérience précédente, & : : 62 : 35 ½ par les expériences précédentes *(art. XXI)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 82 ½ à 46 pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second,

ſecond, le rapport donné par l'expérience préſente étant :: 50 : 35, & :: 186 : 97 par les expériences précédentes *(art. XXI)*; on aura, en ajoutant ces temps, 236 à 132 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement du fer & du verre.

3.° Que le temps du refroidiſſement du fer eſt à celui du refroidiſſement du plomb, au point de pouvoir les tenir :: 20 ½ : 11 par la préſente expérience, & :: 53 ½ : 27 par les expériences précédentes *(art. IV)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 74 à 38 pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par la préſente expérience étant :: 50 : 30, & :: 142 : 94 ½ par les expériences précédentes *(art. IV)*; on aura, en ajoutant ces temps, 192 à 124 ½ pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement du fer & du plomb.

4.° Que le temps du refroidiſſement du fer eſt à celui du refroidiſſement de l'étain, au point de pouvoir les tenir :: 20 ½ : 10, & :: 131 : 64 ½ par les expériences précédentes *(art. XXI)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 152 à 74 ½ pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par l'expérience préſente étant :: 50 : 25, & :: 460 : 226 par les expériences précédentes *(art. XXI)*; on aura, en ajoutant ces temps, 510 à 251 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement du fer & de l'étain.

5.° Que le temps du refroidiſſement du cuivre eſt à celui du refroidiſſement du verre, au point de pouvoir les

tenir : : $16\frac{1}{2}$: 12 par la présente expérience, & : : $52\frac{1}{2}$: $34\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes *(art. XXI)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 69 à 46 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : : 44 : 35, & : : 157 : 97 par les expériences précédentes *(art. XXI)*; on aura, en ajoutant ces temps, 201 à 132 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre & du verre.

6.° Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement du plomb, au point de les tenir : : $16\frac{1}{2}$: 11 par la présente expérience, & : : 45 : 27 par les expériences précédentes *(art. V)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $61\frac{1}{2}$ à 38 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : : 44 : 30, & : : 125 : $94\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes *(art. V)*; on aura, en ajoutant ces temps, 169 à $124\frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre & du plomb.

7.° Que le temps du refroidissement du cuivre, est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir : : $16\frac{1}{2}$: 10 par l'expérience présente, & : : $136\frac{1}{2}$: 76 par les expériences précédentes *(art. XXI)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 153 à 86 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : : 44 : 25, & : : 304 : 224 par les expériences précédentes *(art. XXI)*;

on aura, en ajoutant ces temps, 348 à 249 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre & de l'étain.

8.° Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir :: 12 : 11, & :: 35 : 30 pour leur entier refroidissement.

9.° Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir :: 12 : 10 par la présente expérience, & :: 34 $\frac{1}{2}$: 32 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes *(art. XXI)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 46 à 42 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par l'expérience étant :: 35 : 25, & :: 97 : 92 par les expériences précédentes *(art. XXI)*; on aura, en ajoutant ces temps, 132 à 117 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre & de l'étain.

10.° Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir :: 11 : 10 par la présente expérience, & :: 25 $\frac{1}{2}$: 21 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes *(art. VIII)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 36 $\frac{1}{2}$ à 31 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 30 : 25, & :: 79 $\frac{1}{2}$: 64 par les expériences précédentes *(art. VIII)*; on aura, en ajoutant ces temps, 109 $\frac{1}{2}$ à 89 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb & de l'étain.

X L.

Ayant mis chauffer enſemble les boulets de cuivre, de zinc, de biſmuth, d'étain & d'antimoine, ils ſe ſont refroidis dans l'ordre ſuivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-ſeconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Antimoine, en	8.	En	24.
Biſmuth, en	8.	En	23.
Étain, en	$8\frac{1}{2}$.	En	25.
Zinc, en	12.	En	30.
Cuivre, en	14.	En	40.

X L I.

La même expérience répétée, les boulets ſe ſont refroidis dans l'ordre ſuivant :

Refroidis à les tenir dans la main pendant une demi-ſeconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Antimoine, en	8.	En	23.
Biſmuth, en	8.	En	24.
Étain, en	$9\frac{1}{2}$.	En	25.
Zinc, en	12.	En	38.
Cuivre, en	11.	En	40.

Il réſulte de ces deux expériences :

1.° Que le temps du refroidiſſement du cuivre eſt à celui du refroidiſſement du zinc, au point de les tenir : : 28 : 24, & : : 80 : 68 pour leur entier refroidiſſement.

2.° Que le temps du refroidiſſement du cuivre eſt à celui du refroidiſſement de l'étain, au point de les tenir : : 28 : 18 par les préſentes expériences, & : : 153 : 86

par les expériences précédentes *(art. XXXIX)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 181 à 104 pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par la préſente expérience étant : : 80 : 47, & par les expériences précédentes *(article XXXIX)* : : 348 : 249; on aura, en ajoutant ces temps, 428 à 296 pour le rapport plus précis de l'entier refroidiſſement du cuivre & de l'étain.

3.° Que le temps du refroidiſſement du cuivre eſt à celui du refroidiſſement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir : : 28 : 16, & : : 80 : 47 pour leur entier refroidiſſement.

4.° Que le temps du refroidiſſement du cuivre eſt à celui du refroidiſſement du biſmuth, au point de les tenir : : 28 : 16, & : : 80 : 47 pour leur entier refroidiſſement.

5.° Que le temps du refroidiſſement du zinc eſt à celui du refroidiſſement de l'étain, au point de les tenir : : 24 : 18, & : : 68 : 47 pour leur entier refroidiſſement.

6.° Que le temps du refroidiſſement du zinc eſt à celui du refroidiſſement de l'antimoine, au point de les tenir : : 24 : 16 par les préſentes expériences, & : : 73 : 39½ par les expériences précédentes *(art. XVII)*; ainſi en ajoutant ces temps, on aura 97 à 55½ pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par les expériences préſentes : : 68 : 47, & : : 220 : 155 par les expériences précédentes *(art. XVII)*; on aura, en ajoutant ces temps, 288

à 292 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc & de l'antimoine.

7.° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir : : 24 : 16, & : : 59 : 35 ½ par les expériences précédentes *(art. XVII)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 83 à 51 ½ pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : : 68 : 47; & : : 176 : 140 par les expériences précédentes *(art. XVII)*; on aura, en ajoutant ces temps, 244 à 187 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc & du bismuth.

8.° Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir : : 18 : 16, & : : 50 : 47 pour leur entier refroidissement.

9.° Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir : : 18 : 16, & : : 50 : 47 pour leur entier refroidissement.

10.° Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir : : 16 : 16 par la présente expérience, & : : 35 ½ : 32 par les expériences précédentes *(art. XVII)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 51 ½ à 48 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par l'expérience présente, étant : : 47 : 47, & par les expériences précédentes

(article XVII) : : 140 : 127, on aura, en ajoutant ces temps, 187 à 174 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du bismuth & de l'antimoine.

XLII.

AYANT fait chauffer ensemble les boulets d'or, d'argent, de fer, d'émeril & de pierre dure, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant:

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Pierre calcaire dure, en..	11 $\frac{1}{4}$.	En..................	32.
Argent, en	13.	En..................	37.
Or, en...............	14.	En..................	40.
Émeril, en............	15 $\frac{1}{2}$.	En..................	46.
Fer, en..............	17.	En..................	51.

Il résulte de cette expérience:

1.° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'émeril, au point de pouvoir les tenir : : 17 : 15 $\frac{1}{2}$, & : : 51 : 46 pour leur entier refroidissement.

2.° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'or, au point de pouvoir les tenir : : 17 : 14 par la présente expérience, & : : 45 $\frac{1}{2}$: 37 par les expériences précédentes *(art. XI)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 62 $\frac{1}{2}$ à 51 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : : 51 : 40, & : : 138 : 114 par les expériences précédentes *(art. XI)*;

on aura, en ajoutant ces temps, 189 à 154 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement du fer & de l'or.

3.° Que le temps du refroidiſſement du fer eſt à celui du refroidiſſement de l'argent, au point de les tenir : : 17 : 13 par la préſente expérience, & : : 67 : 51 par les expériences précédentes *(art. XXXVII)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 84 à 64 pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par la préſente expérience étant : : 51 : 37, & : : 209 : 156 par les expériences précédentes *(art. XXXVII)*; on aura, en ajoutant ces temps, 260 à 193 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement du fer & de l'argent.

4.° Que le temps du refroidiſſement du fer eſt à celui du refroidiſſement de la pierre dure, au point de les tenir : : 17 : 11 $\frac{1}{4}$, & : : 51 : 52 pour leur entier refroidiſſement.

5.° Que le temps du refroidiſſement de l'émeril eſt à celui du refroidiſſement de l'or, au point de les tenir : : 15 $\frac{1}{2}$: 14 par la préſente expérience, & : : 44 : 38 par les expériences précédentes *(art. XVI)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps 59 $\frac{1}{2}$ à 52 pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par la préſente expérience étant : : 46 : 40, & : : 131 : 115 par les expériences précédentes *(article XVI)*; on aura, en ajoutant ces temps, 177 à 115 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement de l'émeril & de l'or.

6.° Que

6.° Que le temps du refroidiſſement de l'émeril eſt à celui du refroidiſſement de l'argent, au point de pouvoir les tenir : : 15 $\frac{1}{2}$: 13 par la préſente expérience, & : : 43 : 32 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes *(art. XVII)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 58 $\frac{1}{2}$ à 45 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis du premier refroidiſſement de l'émeril & de l'argent; & pour le ſecond, le rapport donné par la préſente expérience étant : : 46 : 37, & : : 125 : 98 par les expériences précédentes *(art. XVII)*; on aura, en ajoutant ces temps, 171 à 135 pour le rapport encore plus précis de leur entier refroidiſſement.

7.° Que le temps du refroidiſſement de l'émeril eſt à celui du refroidiſſement de la pierre dure, au point de les tenir : : 15 $\frac{1}{2}$: 12, & : : 46 : 32 pour leur entier refroidiſſement.

8.° Que le temps du refroidiſſement de l'or eſt à celui du refroidiſſement de l'argent, au point de les tenir : : 14 : 13 par la préſente expérience, & : : 80 : 71 par les expériences précédentes *(art. XXXVIII)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 94 à 84 pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par la préſente expérience étant : : 40 : 37, & : : 234 : 201 par les expériences précédentes *(art. XXXVIII)*; on aura, en ajoutant ces temps, 274 à 238 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement de l'or & de l'argent.

9.° Que le temps du refroidiſſement de l'or eſt à celui du refroidiſſement de la pierre dure, au point de les

tenir : : 14 : 12 par la présente expérience, & : : 39½ : 27½ par les expériences précédentes *(article XXX)*; ainsi on aura en ajoutant ces temps, 53½ à 39½ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : : 40 : 32, & : : 117 : 86 par les expériences précédentes *(article XXX)*; on aura, en ajoutant ces temps, 157 à 118 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or & de la pierre dure.

10.° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de pouvoir les tenir : : 13 : 12 par la présente expérience, & : : 45½ : 31½ par les expériences précédentes *(article XXVII)*; ainsi en ajoutant ces temps, on aura 58½ à 43½ pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant : : 37 : 32, & : : 125 : 107 par les expériences précédentes *(art. XXVIII)*; on aura, en ajoutant ces temps, 162 à 139 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'argent & de la pierre dure.

XLIII.

AYANT fait chauffer ensemble les boulets de plomb, de fer, de marbre blanc, de grès, de pierre tendre, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Pierre calcaire tendre, en	6½.	En.	20.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Plomb, en	8.	En	29.
Grès, en	8 ½.	En	29.
Marbre blanc, en	10 ½.	En	29.
Fer, en	15.	En	43.

XLIV.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Pierre calcaire tendre, en	7.	En	21.
Plomb, en	8.	En	28.
Grès, en	8 ½.	En	28.
Marbre blanc, en	10 ½.	En	30.
Fer, en	16.	En	45.

Il résulte de ces deux expériences :

1.° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroïdissement du marbre blanc, au point de les tenir : : 31 : 21, & : : 88 : 59 pour leur entier refroidissement.

2.° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir : : 31 : 17 par la présente expérience, & : : 53 ½ : 32 par les expériences précédentes *(art. IV)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 84 ½ à 49 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : : 88 : 57, & : : 142 : 102 ½ par les expériences précédentes *(art. IV)*;

on aura, en ajoutant ces temps, 230 à 159 ½ pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement du fer & du grès.

3.° Que le temps du refroidiſſement du fer eſt à celui du refroidiſſement du plomb, au point de pouvoir les tenir : : 31 : 16 par les expériences préſentes, & : : 74 : 38 par les expériences précédentes *(art. XXXIX)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 105 à 54 pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par les expériences préſentes étant : : 88 : 57, & : : 192 : 124 ½ par les expériences précédentes *(article XXXIX)*; on aura, en ajoutant ces temps, 280 à 181 ½ pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement du fer & du plomb.

4.° Que le temps du refroidiſſement du fer eſt à celui du refroidiſſement de la pierre tendre, au point de pouvoir les tenir : : 31 : 13, & : : 88 : 41 pour leur entier refroidiſſement.

5.° Que le temps du refroidiſſement du marbre blanc eſt à celui du refroidiſſement du grès, au point de les tenir : : 21 : 17, & : : 59 : 57 pour leur entier refroidiſſement.

6.° Que le temps du refroidiſſement du marbre blanc eſt à celui du refroidiſſement du plomb, au point de les tenir : : 21 : 16, & : : 59 : 57 pour leur entier refroidiſſement.

7.° Que le temps du refroidiſſement du marbre blanc eſt à celui du refroidiſſement de la pierre calcaire tendre, au point de les tenir : : 21 : 13 ½ par les préſentes expériences,

& : : 32 : 23 par les expériences précédentes *(art. XXX);* ainſi en ajoutant ces temps, on aura 53 à 36 ½ pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par les expériences préſentes étant : : 59 : 41, & : : 92 : 68 par les expériences précédentes *(art. XXX);* on aura, en ajoutant ces temps, 151 à 159 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement du marbre blanc & de la pierre calcaire tendre.

8.° Que le temps du refroidiſſement du grès eſt à celui du refroidiſſement du plomb, au point de les tenir : : 17 : 16 par les expériences préſentes, & : : 42 ½ : 35 ½ par les expériences précédentes *(art. VIII);* ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 59 ½ à 51 ½ pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par les préſentes expériences étant : : 57 : 57, & : : 130 : 121 ½ par les expériences précédentes *(art. VIII);* on aura, en ajoutant ces temps, 187 à 178 ½ pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement du grès & du plomb.

9.° Que le temps du refroidiſſement du grès eſt à celui du refroidiſſement de la pierre tendre, au point de pouvoir les tenir : : 17 : 13 ½, & : : 57 : 41 pour leur entier refroidiſſement.

10.° Que le temps du refroidiſſement du plomb eſt à celui du refroidiſſement de la pierre tendre, au point de les tenir : : 16 : 13 ½, & : : 57 : 41 pour leur entier refroidiſſement.

XLV.

On a fait chauffer ensemble les boulets de gyps, d'ocre, de craie, de glaise & de verre, & voici l'ordre dans lequel ils se sont refroidis.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	Refroidis à la température.	minutes.
Gyps, en	3 ½.	En	15.
Ocre, en	5 ½.	En	16.
Craie, en	5 ½.	En	16.
Glaise, en	7.	En	18.
Verre, en	8 ½.	En	24.

XLVI.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant:

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	Refroidis à la température.	minutes.
Gyps, en	3 ½.	En	14.
Ocre, en	5 ½.	En	16.
Craie, en	5 ½.	En	16.
Glaise, en	6 ½.	En	18.
Verre, en	8.	En	22.

Il résulte de ces deux expériences:

1.° Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir : : 16 ½ : 13 ½, & : : 46 : 36 pour leur entier refroidissement.

2.° Que le temps du refroidissement du verre est à

celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir : : 16 ½ : 11, & : : 46 : 32 pour leur entier refroidissement.

3.° Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir : : 16 ½ : 11, & : : 46 : 32 pour leur entier refroidissement.

4.° Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement du gyps, au point de pouvoir les tenir : : 16 ½ : 7 par la présente expérience, & : : 52 : 21 ½ par les expériences précédentes *(art. XXXIII)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 68 ½ à 28 ½ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant : : 46 : 29, & : : 32 : 78 par les expériences précédentes *(art. XXXIII)*; on aura, en ajoutant ces temps, 178 à 107 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre & du gyps.

5.° Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir : : 13 ½ : 11 par la présente expérience, & : : 12 ½ : 10 par les expériences précédentes *(art. XXXV)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 26 à 21 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant : : 36 : 32, & : : 33 : 26 par les expériences précédentes *(art. XXXV)*; on aura, en ajoutant ces temps, 69 à 58 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaise & de la craie.

6.° Que le temps du refroidissement de la glaise est à

celui du refroidiſſement de l'ocre, au point de les tenir :: $13\frac{1}{2}$: 11 par les préſentes expériences, & :: $12\frac{1}{2}$: $11\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes *(art. XXXV)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 26 à $22\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par les préſentes expériences étant :: 36 : 32, & :: 33 : 29 par les expériences précédentes *(art. XXXV)*; on aura, en ajoutant ces temps, 69 à 61 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement de la glaiſe & de l'ocre.

7.° Que le temps du refroidiſſement de la glaiſe eſt à celui du refroidiſſement du gyps, au point de les tenir :: $13\frac{1}{2}$: 17, & :: 36 : 29 pour leur entier refroidiſſement.

8.° Que le temps du refroidiſſement de la craie eſt à celui du refroidiſſement de l'ocre, au point de les tenir :: 11 : 11 par les préſentes expériences, & :: 10 : $11\frac{1}{2}$ par les précédentes expériences *(art. XXXV)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 21 à $22\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par les expériences préſentes, étant :: 32 : 32, & :: 26 : 29 par les expériences précédentes *(art. XXXV)*; on aura, en ajoutant ces temps, 58 à 61 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement de la craie & de l'ocre.

9.° Que le temps du refroidiſſement de la craie eſt à celui du refroidiſſement du gyps, au point de les tenir :: 11 : 7, & :: 32 : 29 pour leur entier refroidiſſement.

10.° Que

10.° Que le temps du refroidissement de l'ocre est à celui du refroidissement du gyps, au point de les tenir :: 11 : 7, & :: 32 : 29 pour leur entier refroidissement.

XLVII.

AYANT fait chauffer ensemble les boulets de zinc, d'étain, d'antimoine, de grès & de marbre blanc, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant:

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Antimoine, en.........	6.	En.................	16.
Étain, en.............	6 ½.	En.................	20.
Grès, en.............	8.	En.................	26.
Marbre blanc, en.......	9 ½.	En.................	29.
Zinc, en.............	11 ½.	En.................	35.

XLVIII.

LA même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant:

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Antimoine, en.........	5.	En.................	13.
Étain, en.............	6.	En.................	16.
Grès, en.............	7.	En.................	21.
Marbre blanc, en.......	8.	En.................	24.
Zinc, en.............	9 ½.	En.................	30.

Il résulte de ces deux expériences:

1.° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du marbre blanc, au point de les

tenir : : 21 : 17 $\frac{1}{2}$, & : : 65 : 53 pour leur entier refroidissement.

2.° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir : : 21 : 15, & : : 65 : 47 pour leur entier refroidissement.

3.° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir : : 21 : 12 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, & : : 24 : 18 par les expériences précédentes *(article XLI)*; ainsi en ajoutant ces temps, on aura 45 à 30 $\frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant : : 65 : 36, & par les expériences précédentes *(art. XLI)* : : 68 : 47, on aura, en ajoutant ces temps, 133 à 83 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc & de l'étain.

4.° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir : : 21 : 11 par les présentes expériences, & : : 73 : 39 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes *(article XVII)*; ainsi en ajoutant ces temps, on aura 94 à 50 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant : : 65 : 29, & : : 220 : 155 par les expériences précédentes *(article XVII)*; on aura, en ajoutant ces temps, 285 à 184 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc & de l'antimoine.

5.° Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du grès, au point de pouvoir les tenir : : 17 $\frac{1}{2}$: 15 par les présentes expériences, & : : 21 : 17 par les expériences précédentes *(art. XLIV)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 38 $\frac{1}{2}$ à 32 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les présentes expérience étant : : 53 : 47, & : : 59 : 57 par les expériences précédentes *(art. XLIV)*; on aura, en ajoutant ces temps, 112 à 104 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du marbre blanc & du grès.

6.° Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir : : 17 $\frac{1}{2}$: 12 $\frac{1}{2}$, & : : 53 : 36 pour leur entier refroidissement.

7.° Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir : : 17 $\frac{1}{2}$: 11, & : : 53 : 36 pour leur entier refroidissement.

8.° Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir : : 15 : 12 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, & : : 30 : 21 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes *(art. VIII)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 45 à 34 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant : : 47 : 36, & : : 84 : 64 par les expériences précédentes *(art. VIII)*; on aura, en ajoutant ces temps, 131 à 100

pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès & de l'étain.

9.° Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir : : 15 : 11, & : : 47 : 29 pour leur entier refroidissement.

10.° Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir : : 12 ½ : 11 par les présentes expériences, & : : 18 : 16 par les expériences précédentes *(art. XL)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 30 ½ à 27 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant : : 36 : 29, & : : 47 : 47 par les expériences précédentes *(art. XL)*; on aura, en ajoutant ces temps, 83 à 76 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'étain & de l'antimoine.

XLIX.

On a fait chauffer ensemble les boulets de cuivre, d'émeril, de bismuth, de glaise & d'ocre, & ils se sont refroidis dans l'ordre suivant:

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Ocre, en.	6.	En.	18.
Bismuth, en.	7.	En	22.
Glaise, en.	7.	En	23.
Cuivre, en.	13.	En	36.
Émeril, en.	15 ½.	En.	43.

L.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant:

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Ocre, en	$5\frac{1}{2}$.	En	13.
Bismuth, en	6.	En	18.
Glaise, en	6.	En	19.
Cuivre, en	10.	En	30.
Émeril, en	$11\frac{1}{2}$.	En	38.

Il résulte de ces deux expériences:

1.° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du cuivre, au point de les tenir :: 27 : 23, & :: 81 : 66 pour leur entier refroidissement.

2.° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir :: 27 : 13, & :: 81 : 42 pour leur entier refroidissement.

3.° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir :: 27 : 13 par les présentes expériences, & :: 71 : $35\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes *(art. XVII)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 98 à $48\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les expériences présentes, étant :: 81 : 40, & par les expériences précédentes *(art. XVII)* :: 216 : 140; on aura, en ajoutant ces temps, 297 à 180 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril & du bismuth.

4.° Que le temps du refroidiſſement de l'émeril eſt à celui du refroidiſſement de l'ocre, au point de les tenir : : 27 : 11½, & : : 81 : 31 pour leur entier refroidiſſement.

5.° Que le temps du refroidiſſement du cuivre eſt à celui du refroidiſſement de la glaiſe, au point de les tenir : : 23 : 13, & : : 66 : 42 pour leur entier refroidiſſement.

6.° Que le temps du refroidiſſement du cuivre eſt à celui du refroidiſſement du biſmuth, au point de pouvoir les tenir : : 23 : 13 par les préſentes expériences; & : : 28 : 16 par les expériences précédentes *(art. XLI)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 51 à 39 pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par les préſentes expériences étant : : 66 : 40, & : : 80 : 47 par les expériences précédentes *(art. XLI)*; on aura, en ajoutant ces temps, 146 à 87 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement du cuivre & du biſmuth.

7.° Que le temps du refroidiſſement du cuivre eſt à celui du refroidiſſement de l'ocre, au point de les tenir : : 33 : 11½, & : : 66 : 31 pour leur entier refroidiſſement.

8.° Que le temps du refroidiſſement de la glaiſe eſt à celui du refroidiſſement du biſmuth, au point de pouvoir les tenir : : 13 : 13, & : : 42 : 41 pour leur entier refroidiſſement.

9.° Que le temps du refroidiſſement de la glaiſe eſt à celui du refroidiſſement de l'ocre, au point de les tenir : : 13 : 11½ par les expériences préſentes, & : : 26 : 22½ par les expériences précédentes *(art. XLVI)*; ainſi on

aura en ajoutant ces temps, 39 à 34 pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par les expériences préſentes étant : : 42 : 31, & : : 69 : 61 par les expériences précédentes *(art. XLVI)*; on aura, en ajoutant ces temps, 111 à 92 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement de la glaiſe & de l'ocre.

10.° Que le temps du refroidiſſement du biſmuth eſt à celui du refroidiſſement de l'ocre, pour pouvoir les tenir : : 13 : $11\frac{1}{2}$, & : : 42 : 31 pour leur entier refroidiſſement.

L I.

AYANT fait chauffer enſemble les boulets de fer, de zinc, de biſmuth, de glaiſe & de craie, ils ſe ſont refroidis dans l'ordre ſuivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-ſeconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Craie, en	$6\frac{1}{2}$.	En	18.
Biſmuth, en	7.	En	19.
Glaiſe, en	8.	En	20.
Zinc, en	15.	En	25.
Fer, en	19.	En	45.

L I I.

LA même expérience répétée, les boulets ſe ſont refroidis dans l'ordre ſuivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-ſeconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Craie, en	7.	En	20.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Bismuth, en.	$7\frac{1}{2}$.	En.	21.
Glaise, en.	9.	En.	24.
Zinc, en.	16.	En.	34.
Fer, en	$21\frac{1}{2}$.	En.	53.

On peut conclure de ces deux expériences :

1.° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du zinc, *au point de les tenir* :: $40\frac{1}{2}$: 31, & :: 98 : 59 pour *leur entier refroidissement.*

2.° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du *bismuth*, au point de les tenir :: $40\frac{1}{2}$: $14\frac{1}{2}$, & :: 98 : 40 pour leur entier refroidissement.

3.° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir :: $40\frac{1}{2}$: 17, & :: 98 : 44 pour leur entier refroidissement.

4.° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir :: $40\frac{1}{2}$: $12\frac{1}{2}$, & :: 98 : 38 pour leur entier refroidissement.

5.° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir :: 31 : $14\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, & :: $34\frac{1}{2}$: $20\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes *(art. XV)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $65\frac{1}{2}$ à 35 pour le rapport plus

précis

précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant : : 59 : 40, & : : 100 : 80 par les expériences précédentes *(art. XV)*; on aura, en ajoutant ces temps, 159 à 120 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc & du bismuth.

6.° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir : : 31 : 17, & : : 59 : 44 pour leur entier refroidissement.

7.° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir : : 31 : 12 $\frac{1}{2}$, & : : 59 : 38 pour leur entier refroidissement.

8.° Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir : : 14 $\frac{1}{2}$: 17 par les présentes expériences ; & : : 13 : 13 par les expériences précédentes *(art. L)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 27 $\frac{1}{2}$ à 30 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant : : 40 : 44, & : : 41 : 42 par les expériences précédentes *(art. L)*; on aura, en ajoutant ces temps, 81 à 86 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du bismuth & de la glaise.

9.° Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir

: : $14\frac{1}{2}$: $13\frac{1}{2}$, & : : 40 : 38 pour leur entier refroidissement.

10.° Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir : : 17 : $13\frac{1}{2}$ par les expériences présentes, & : : 26 : 21 par les expériences précédentes *(art. XLVI)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 43 à $34\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant : : 44 : 38, & : : 69 : 58 par les expériences précédentes *(art. XLVI)*; on aura, en ajoutant ces temps, 113 à 96 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaise & de la craie.

LIII.

AYANT fait chauffer ensemble les boulets d'émeril, de verre, de pierre calcaire dure & de bois, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant:

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Bois, en	$2\frac{1}{2}$.	En	15.
Verre, en	$9\frac{1}{2}$.	En	28.
Grès, en	11.	En	34.
Pierre calcaire dure, en	12.	En	36.
Émeril, en	15.	En	47.

LIV.

LA même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant:

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Bois, en	2.	En	13.
Verre, en	$7\frac{1}{2}$.	En	21.
Grès, en	8.	En	24.
Pierre dure, en	$8\frac{1}{2}$.	En	26.
Émeril, en	14.	En	42.

Il résulte de ces deux expériences:

1.° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir :: 29 : $20\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, & :: $15\frac{1}{2}$: 12 par les expériences précédentes *(art. XLII)*; ainsi en ajoutant ces temps, on aura $44\frac{1}{2}$ à $32\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 89 : 62, & :: 46 : 32 par les expériences précédentes *(art. XLII)*; on aura, en ajoutant ces temps, 135 à 94 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril & de la pierre dure.

2.° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir :: 29 : 19, & :: 89 : 58 pour leur entier refroidissement.

3.° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir :: 29 : 17, & :: 89 : 49 pour leur entier refroidissement.

4.° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du bois, au point de les tenir :: 29 : $4\frac{1}{2}$, & :: 89 : 28 pour leur entier refroidissement.

5.° Que le temps du refroidiſſement de la pierre dure eſt à celui du refroidiſſement du grès, au point de les tenir : : $20\frac{1}{2}$: 19, & : : 62 : 58 pour leur entier refroidiſſement.

6.° Que le temps du refroidiſſement de la pierre dure eſt à celui du refroidiſſement du verre, au point de les tenir : : $20\frac{1}{2}$: 17, & : : 62 : 49 pour leur entier refroidiſſement.

7.° Que le temps du refroidiſſement de la pierre dure eſt à celui du refroidiſſement du bois, au point de les tenir : : $20\frac{1}{2}$: $4\frac{1}{2}$, & : : 62 : 28 pour leur entier refroidiſſement.

8.° Que le temps du refroidiſſement du grès eſt à celui du refroidiſſement du verre, au point de les tenir : : 19 : 17 par les préſentes expériences, & : : 55 : 52 par les expériences précédentes *(art. XXXIII)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 74 à 69 pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par les préſentes expériences étant : : 58 : 49, & : : 170 : 132 par les expériences précédentes *(art. XXXIII)*; on aura, en ajoutant ces temps, 228 à 181 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement du grès & du verre.

9.° Que le temps du refroidiſſement du grès eſt à celui du refroidiſſement du bois, au point de pouvoir les tenir : : 15 : $4\frac{1}{2}$, & : : 58 : 28 pour leur entier refroidiſſement.

10.° Que le temps du refroidiſſement du verre eſt à celui du refroidiſſement du bois, au point de les tenir

: : 17 : $4\frac{1}{2}$, & : : 49 : 28 pour leur entier refroidissement.

L V.

AYANT fait chauffer ensemble les boulets d'or, d'étain, d'émeril, de gyps & de craie, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gyps, en.	5.	En.	15.
Craie, en.	$7\frac{1}{2}$.	En.	21.
Étain, en.	$11\frac{1}{2}$.	En.	30.
Or, en.	16.	En.	41.
Émeril, en.	20.	En.	49.

L V I.

LA même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gyps, en.	4.	En.	13.
Craie, en.	$6\frac{1}{2}$.	En.	18.
Étain, en.	10.	En.	27.
Or, en.	15.	En.	40.
Émeril, en.	18.	En.	46.

On peut conclure de ces expériences :

1.° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'or, au point de les tenir : : 38 : 31 par les expériences présentes ; & : : $59\frac{1}{2}$: 52 par les expériences précédentes *(art. XLII)* ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $97\frac{1}{2}$ à 83 pour le rapport plus

précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par les préſentes expériences étant : : 95 : 81, & : : 166 : 155 par les expériences précédentes *(art. XLII)* ; on aura, en ajoutant ces temps, 261 à 236 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement de l'émeril & de l'or.

2.° Que le temps du refroidiſſement de l'émeril eſt à celui du refroidiſſement de l'étain, au point de les tenir : : 38 : 21 $\frac{1}{2}$, & : : 95 : 57 pour leur entier refroidiſſement.

3.° Que le temps du refroidiſſement de l'émeril eſt à celui du refroidiſſement de la craie, au point de les tenir : : 38 : 14, & : : 95 : 39 pour leur entier refroidiſſement.

4.° Que le temps du refroidiſſement de l'émeril eſt à celui du refroidiſſement du gyps, au point de les tenir : : 38 : 9, & : : 95 : 28 pour leur entier refroidiſſement.

5.° Que le temps du refroidiſſement de l'or eſt à celui du refroidiſſement de l'étain, au point de les tenir : : 31 : 22 par les préſentes expériences, & : : 37 : 21 par les expériences précédentes *(art. XI)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 68 à 43 pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par les préſentes expériences étant : : 81 : 57, & : : 114 : 61 par les expériences précédentes *(art. XI)*; on aura, en ajoutant ces temps, 195 à 118 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement de l'or & de l'étain.

6.° Que le temps du refroidiſſement de l'or eſt à celui

du refroidissement de la craie, au point de les tenir : : 31 : 14 par les présentes expériences, & : : 21 ½ : 10 par les expériences précédentes *(art. XXXV)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 52 ½ à 24 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant : : 81 : 39, & : : 65 : 26 par les expériences précédentes *(art. XXXV)*; on aura, en ajoutant ces temps, 146 à 65 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or & de la craie.

7.° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du gyps, au point de pouvoir les tenir : : 31 : 9 par les présentes expériences, & : : 56 : 17 par les expériences précédentes *(art. XXXVIII)*; ainsi on aura en ajoutant ces temps, 87 à 26 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant : : 81 : 28, & : : 165 : 53 par les expériences précédentes *(art. XXXVIII)*; on aura, en ajoutant ces temps, 246 à 81 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or & du gyps.

8.° Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir : : 22 : 14, & : : 57 : 39 pour leur entier refroidissement.

9.° Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement du gyps, au point de les tenir : : 22 : 9, & : : 57 : 28 pour leur entier refroidissement.

10.° Que le temps du refroidiſſement de la craie eſt à celui du refroidiſſement du gyps, au point de les tenir :: 14 : 9 par les préſentes expériences, & :: 11 : 7 par les expériences précédentes *(art. XLVI)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 25 à 16 pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par les préſentes expériences étant :: 39 : 28, & :: 32 : 29 par les expériences précédentes *(art. XLVI)*; on aura, en ajoutant ces temps, 71 à 57 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement de la craie & du gyps.

L V I I.

AYANT fait chauffer enſemble les boulets de marbre blanc, de marbre commun, de glaiſe, d'ocre & de bois, ils ſe ſont refroidis dans l'ordre ſuivant:

Refroidis à les tenir pendant une demi-ſeconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Bois, en	$2\frac{1}{2}$.	En	9.
Ocre, en	$6\frac{1}{2}$.	En	19.
Glaiſe, en	$7\frac{1}{2}$.	En	21.
Marbre commun, en	$10\frac{1}{2}$.	En	29.
Marbre blanc, en	12.	En	34.

L V I I I.

LA même expérience répétée, les boulets ſe ſont refroidis dans l'ordre ſuivant:

Refroidis à les tenir pendant une demi-ſeconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Bois, en	3.	En	11.

Refroidis

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Ocre, en.	7.	En.	20.
Glaise, en.	$8 \frac{1}{2}$.	En.	23.
Marbre commun, en. . . .	$12 \frac{1}{2}$.	En.	32.
Marbre blanc, en.	13.	En.	36.

On peut conclure de ces deux expériences :

1.° Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du marbre commun, au point de pouvoir les tenir : : 25 : 22 par les présentes expériences, & : : $39 \frac{1}{2}$: 36 par les expériences précédentes *(article XXVII)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $64 \frac{1}{2}$ à 58 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant : : 70 : 61, & : : 115 : 113 par les expériences précédentes *(article XXVII)*; on aura, en ajoutant ces temps, 185 à 174 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du marbre blanc & du marbre commun.

2.° Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de la glaise, au point de pouvoir les tenir : : 25 : 16, & : : 70 : 44 pour leur entier refroidissement.

3.° Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir : : 25 : $13 \frac{1}{2}$, & : : 70 : 39 pour leur entier refroidissement.

4.° Que le temps du refroidissement du marbre blanc

eſt à celui du refroidiſſement du bois, au point de les tenir : : 25 : 5 $\frac{1}{2}$, & : : 70 : 20 pour leur entier refroidiſſement.

5.° Que le temps du refroidiſſement du marbre commun eſt à celui du refroidiſſement de la glaiſe, au point de les tenir : : 22 : 16, & : : 61 : 44 pour leur entier refroidiſſement.

6.° Que le temps du refroidiſſement du marbre commun eſt à celui du refroidiſſement de l'ocre, au point de les tenir : : 22 : 13 $\frac{1}{2}$, & : : 61 : 39 pour leur entier refroidiſſement.

7.° Que le temps du refroidiſſement du marbre commun eſt à celui du refroidiſſement du bois, au point de les tenir : : 22 : 5 $\frac{1}{2}$, & : : 61 : 20 pour leur entier refroidiſſement.

8.° Que le temps du refroidiſſement de la glaiſe eſt à celui du refroidiſſement de l'ocre, au point de les tenir : : 16 : 13 $\frac{1}{2}$ par les préſentes expériences, & : : 12 $\frac{1}{2}$: 11 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes *(art. XXXV)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 28 $\frac{1}{2}$ à 20 pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par les préſentes expériences, étant : : 44 : 39, & : : 33 : 29 par les expériences précédentes *(art. XXXV)*, on aura, en ajoutant ces temps, 77 à 68 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement de la glaiſe & de l'ocre.

9.° Que le temps du refroidiſſement de la glaiſe eſt à celui du refroidiſſement du bois, au point de les tenir : : 16 : 5 $\frac{1}{2}$, & : : 44 : 20 pour leur entier refroidiſſement.

10.° Que le temps du refroidiſſement de l'ocre eſt à celui du refroidiſſement du bois, au point de les tenir :: $13\frac{1}{2}$: $5\frac{1}{2}$, & :: 39 : 20 pour leur entier refroidiſſement.

L I X.

AYANT mis chauffer enſemble les boulets d'argent, de verre, de glaiſe, d'ocre & de craie, ils ſe ſont refroidis dans l'ordre ſuivant:

Refroidis à les tenir pendant une demi-ſeconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Craie, en............	$5\frac{1}{2}$.	En.................	16.
Ocre, en............	6.	En.................	18.
Glaiſe, en............	8.	En.................	22.
Verre, en	$9\frac{1}{2}$.	En.................	29.
Argent, en............	$12\frac{1}{2}$.	En.................	35.

L X.

LA même expérience répétée, les boulets chauffés plus long-temps, ſe ſont refroidis dans l'ordre ſuivant:

Refroidis à les tenir pendant une demi-ſeconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Craie, en............	7.	En.................	22.
Ocre, en............	$8\frac{1}{2}$.	En.................	25.
Glaiſe, en	$9\frac{1}{2}$.	En.................	29.
Verre, en............	$12\frac{1}{2}$.	En.................	38.
Argent, en............	$16\frac{1}{2}$.	En.................	41.

On peut conclure de ces deux expériences:

1.° Que le temps du refroidiſſement de l'argent eſt à celui du refroidiſſement du verre, au point de les tenir

: : 29 : 22 par les préſentes expériences, & : : 36 : 25 par les expériences précédentes *(art. XXXIII)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 65 à 47 pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par les préſentes expériences étant : : 76 : 67, & : : 103 : 62 par les expériences précédentes *(art. XXXIII)*; on aura, en ajoutant ces temps, 179 à 129 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement de l'argent & du verre.

2.° Que le temps du refroidiſſement de l'argent eſt à celui du refroidiſſement de la glaiſe, au point de pouvoir les tenir : : 29 : 17½, & : : 76 : 51 pour leur entier refroidiſſement.

3.° Que le temps du refroidiſſement de l'argent eſt à celui du refroidiſſement de l'ocre, au point de les tenir : : 29 : 14½, & : : 76 : 43 pour leur entier refroidiſſement.

4.° Que le temps du refroidiſſement de l'argent eſt à celui du refroidiſſement de la craie, au point de pouvoir les tenir : : 29 : 12½, & : : 76 : 38 pour leur entier refroidiſſement.

5.° Que le temps du refroidiſſement du verre, eſt à celui du refroidiſſement de la glaiſe, au point de les tenir : : 22 : 17½ par les expériences préſentes, & : : 16½ : 13½ par les expériences précédentes *(art. XLVI)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 38½ à 31 pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par les préſentes expériences,

étant :: 67 : 51, & :: 46 : 36 par les expériences précédentes *(art. XLVI)*; on aura, en ajoutant ces temps, 113 à 87 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre & de la glaise.

6.° Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de pouvoir les tenir :: 22 : 14½ par les présentes expériences, & :: 16½ : 11 par les expériences précédentes *(art. XLVI)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 38½ à 25½ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 67 : 43, & :: 46 : 32 par les expériences précédentes *(art. XLVI)*; on aura, en ajoutant ces temps, 113 à 75 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre & de l'ocre.

7.° Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir :: 22 : 12½ par les présentes expériences, & :: 16½ : 11 par les expériences précédentes *(art. XLVI)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps 38½ à 23½ pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences, étant :: 67 : 38, & :: 46 : 32 par les expériences précédentes *(art. XLVI)*; on aura, en ajoutant ces temps, 113 à 70 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre & de la craie.

8.° Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir

: : $17\frac{1}{2}$: $14\frac{1}{2}$ par les préſentes expériences, & : : 26 : $22\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes *(art. XLVI)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, $43\frac{1}{2}$ à 37 pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement ; & pour le ſecond, le rapport donné par l'expérience préſente étant : : 51 : 43, & : : 69 : 63 par les expériences précédentes *(art. XLVI)*; on aura, en ajoutant ces temps, 120 à 104 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement de la glaiſe & de l'ocre.

9.° Que le temps du refroidiſſement de la glaiſe eſt à celui du refroidiſſement de la craie, au point de pouvoir les tenir : : $17\frac{1}{2}$: $12\frac{1}{2}$ par les préſentes expériences, & : : 26 : 21 par les expériences précédentes *(art. XLVI)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, $43\frac{1}{2}$ à $33\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement ; & pour le ſecond, le rapport donné par les préſentes expériences étant : : 51 : 38, & : : 69 : 58 par les expériences précédentes *(art. XLVI)*; on aura, en ajoutant ces temps, 120 à 96 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement de la glaiſe & de la craie.

10.° Que le temps du refroidiſſement de l'ocre eſt à celui du refroidiſſement de la craie, au point de pouvoir les tenir : : $14\frac{1}{2}$: $12\frac{1}{2}$ par les préſentes expériences, & : : $11\frac{1}{2}$: 10 par les expériences précédentes *(art. XXXV)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 26 à $22\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement ; & pour le ſecond, le rapport donné par les préſentes expériences étant : : 43 : 38, & : : 29 : 26 par les précédentes

expériences (*article XXXV*); on aura, en ajoutant ces temps, 72 à 64 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement de l'ocre & de la craie.

L X I.

AYANT mis chauffer enſemble à un grand degré de chaleur les boulets de zinc, de biſmuth, de marbre blanc, de grès & de gyps, le biſmuth s'eſt fondu tout-à-coup, & il n'eſt reſté que les quatre autres, qui ſe ſont refroidis dans l'ordre ſuivant.

Refroidis à les tenir pendant une demi-ſeconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gyps, en............	11.	En..................	28.
Grès, en............	16.	En..................	42.
Marbre blanc, en......	19.	En..................	50.
Zinc, en............	23.	En..................	57.

L X I I.

LA même expérience répétée avec les quatre boulets ci-deſſus & un boulet de plomb, à un feu moins ardent, ils ſe ſont refroidis dans l'ordre ſuivant.

Refroidis à les tenir pendant une demi-ſeconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gyps, en...........	$4\frac{1}{2}$.	En..................	16.
Plomb, en...........	$9\frac{1}{2}$.	En..................	28.
Grès, en............	10.	En..................	32.
Marbre blanc, en......	$12\frac{1}{2}$.	En..................	36.
Zinc, en............	15.	En..................	43.

On peut conclure de ces deux expériences:

1.° Que le temps du refroidiſſement du zinc eſt à celui

du refroidissement du marbre blanc, au point de pouvoir les tenir : : 38 : 31 ½ par les présentes expériences, & : : 21 : 17 ½ par les expériences précédentes *(art. XLVIII)*; ainsi en ajoutant ces temps, on aura 59 à 49 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant : : 100 : 86, & : : 65 : 53 par les expériences précédentes *(art. XLVIII)*; on aura, en ajoutant ces temps, 165 à 139 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc & du marbre blanc.

2.° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir : : 38 : 26 par les présentes expériences, & : : 21 : 15 par les expériences précédentes *(art. XLVIII)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 59 à 41 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement : & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant : : 100 : 74, & : : 65 : 47 par les expériences précédentes *(art. XLVIII)*; on aura, en ajoutant ces temps, 165 à 121 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc & du grès.

3.° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir : : 15 : 9 ½ par la présente expérience, & : : 73 : 43 ¾ par les expériences précédentes *(article XVII)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 89 à 53 ¼ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant

: : 43

: : 43 : 20, & : : 220 : 189 par les expériences précédentes *(article XVII)* ; on aura, en ajoutant ces temps, 263 à 209 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc & du plomb.

4.° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du gyps, au point de les tenir : : 38 : 15 $\frac{1}{2}$, & : : 100 : 44 pour leur entier refroidissement.

5.° Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir : : 31 $\frac{1}{2}$: 26 par les présentes expériences, & : : 38$\frac{1}{2}$: 32 par les expériences précédentes *(art. XLVIII)* ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 70 à 58 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant : : 86 : 74, & : : 112 : 104 par les expériences précédentes *(article XLVIII)* ; on aura, en ajoutant ces temps, 198 à 178 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du marbre blanc & du grès.

6.° Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du plomb, au point de les tenir : : 12 $\frac{1}{2}$: 9 $\frac{1}{2}$, & : : 36 : 20 pour leur entier refroidissement.

7.° Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du gyps, au point de pouvoir les tenir : : 31 : 15$\frac{1}{2}$, & : : 86 : 44 pour leur entier refroidissement.

8.° Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir

les tenir : : 10 : 9 ½ par la présente expérience, & : : 59 : 51 ½ par les expériences précédentes (*article XLIV*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 69 ½ à 61 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant : : 32 : 20, & : : 187 : 178 par les expériences précédentes (*art. XLIV*); on aura, en ajoutant ces temps, 211 à 96 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès & du plomb.

9.° Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du gyps, au point de pouvoir les tenir : : 26 : 15 ½ par les présentes expériences, & : : 55 : 21 ½ par les expériences précédentes (*article XXXIII*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 81 à 37 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant : : 74 : 44, & : : 170 : 78 par les expériences précédentes (*art. XXXIII*); on aura, en ajoutant ces temps, 244 à 122 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès & du gyps.

10.° Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement du gyps, au point de pouvoir les tenir : : 9 ½ : 4 ½, & : : 28 : 16 pour leur entier refroidissement.

LXIII.

AYANT fait chauffer ensemble les boulets de cuivre, d'antimoine, de marbre commun, de pierre calcaire tendre & de craie, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		*Refroidis à la température.*	
	minutes.		minutes.
Craie, en.	$6\frac{1}{2}$.	En.	20.
Antimoine, en.	$7\frac{1}{2}$.	En.	26.
Pierre tendre, en.	$7\frac{1}{2}$.	En.	26.
Marbre commun, en. . . .	$11\frac{1}{2}$.	En.	31.
Cuivre, en.	16.	En.	49.

L X I V.

La même expérience répétée, les boulets ſe ſont refroidis dans l'ordre ſuivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		*Refroidis à la température.*	
	minutes.		minutes.
Craie, en.	$5\frac{1}{2}$.	En.	18.
Antimoine, en.	6.	En.	24.
Pierre tendre, en.	8.	En.	23.
Marbre commun, en. . . .	10.	En.	29.
Cuivre, en.	$13\frac{1}{2}$.	En.	38.

On peut conclure de ces deux expériences :

1.° Que le temps du refroidiſſement du cuivre eſt à celui du refroidiſſement du marbre commun, au point de pouvoir les tenir : : $29\frac{1}{2}$: $21\frac{1}{2}$ par les préſentes expériences, & : : 45 : $35\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes *(art. V)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, $74\frac{1}{2}$ à 57 pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par les préſentes expériences étant : : 87 : 60, & : : 125 : 111 par les expériences précédentes *(art. V)*; on aura, en ajoutant ces temps, 212 à 170 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement du cuivre & du marbre commun.

2.° Que le temps du refroidiſſement du cuivre eſt à celui du refroidiſſement de la pierre tendre, au point de pouvoir les tenir : : $29\frac{1}{2}$: $15\frac{1}{2}$, & : : 87 : 49 pour leur entier refroidiſſement.

3.° Que le temps du refroidiſſement du cuivre eſt à celui du refroidiſſement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir : : $29\frac{1}{2}$: $13\frac{1}{2}$ par les préſentes expériences, & : : 28 : 16 par les expériences précédentes *(art. XLI)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, $57\frac{1}{2}$ à $29\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par les expériences préſentes étant : : 87 : 50, & : : 80 : 47 par les expériences précédentes *(art. XLI)*; on aura, en ajoutant ces temps, 167 à 97 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement du cuivre & de l'antimoine.

4.° Que le temps du refroidiſſement du cuivre eſt à celui du refroidiſſement de la craie, au point de pouvoir les tenir : : $29\frac{1}{2}$: 12, & : : 87 : 38 pour leur entier refroidiſſement.

5.° Que le temps du refroidiſſement du marbre commun eſt à celui du refroidiſſement de la pierre tendre, au point de pouvoir les tenir : : $21\frac{1}{2}$: 14 par les expériences préſentes, & : : 29 : 23 par les expériences précédentes *(art. XXX)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, $50\frac{1}{2}$ à 37 pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par les préſentes expériences étant : : 60 : 49, & : : 87 : 68 par les expériences précédentes *(article XX)*; on aura, en

ajoutant ces temps, 147 à 117 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement du marbre commun & de la pierre tendre.

6.° Que le temps du refroidiſſement du marbre commun eſt à celui du refroidiſſement de l'antimoine, au point de les tenir : : 21 $\frac{1}{2}$: 13$\frac{1}{2}$, & : : 60 : 50 pour leur entier refroidiſſement.

7.° Que le temps du refroidiſſement du marbre commun *eſt à celui* du refroidiſſement de la craie, au point de pouvoir les tenir : : 21$\frac{1}{2}$: 12, & : : 60 : 38 pour leur entier refroidiſſement.

8.° Que le temps du refroidiſſement de la pierre tendre eſt à celui du refroidiſſement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir : : 14 : 13$\frac{1}{2}$, & : : 49 : 50 pour leur entier refroidiſſement.

9.° Que le temps du refroidiſſement de la pierre tendre eſt à celui du refroidiſſement de la craie, au point de pouvoir les tenir : : 14 : 12, & : : 49 : 38 pour leur entier refroidiſſement.

10.° Que le temps du refroidiſſement de l'antimoine eſt à celui du refroidiſſement de la craie, au point de pouvoir les tenir : : 13$\frac{1}{2}$: 12, & : : 50 : 38 pour leur entier refroidiſſement.

L X V.

AYANT fait chauffer enſemble les boulets de plomb, d'étain, de verre, de pierre calcaire dure, d'ocre & de glaiſe, ils ſe ſont refroidis dans l'ordre *ſuivant*:

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Ocre, en	5.	En..................	16.
Glaise, en	$7\frac{1}{2}$.	En..................	20.
Étain, en	$8\frac{1}{2}$.	En..................	21.
Plomb en............	$9\frac{1}{2}$.	En..................	23.
Verre, en............	10.	En..................	27.
Pierre dure, en.........	$10\frac{1}{2}$.	En..................	29.

Il résulte de cette expérience:

1.° Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir : : $10\frac{1}{2}$: 10 par la présente expérience, & : : $20\frac{1}{2}$: 17 par les expériences précédentes *(art. LIV)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 31 à 27 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : : 29 : 27, & : : 62 : 49 par les expériences précédentes *(art. LIV)*; on aura, en ajoutant ces temps, 91 à 76 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la pierre dure & du verre.

2.° Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir : : 10 : $9\frac{1}{2}$ par la présente expérience, & : : 12 : 11 par les expériences précédentes *(art. XXXIX)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 22 à $20\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant : : 27 : 23, & : : 35 : 30 par les expériences précédentes *(art. XXXIX)*; on aura, en ajoutant ces temps,

62 à 53 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement du verre & du plomb.

3.° Que le temps du refroidiſſement du verre eſt à celui du refroidiſſement de l'étain, au point de pouvoir les tenir : : 10 : 8 $\frac{1}{2}$ par la préſente expérience, & : : 46 : 42 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes *(art. XXXIX)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 56 à 51 pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par les expériences préſentes étant : : 27 : 21, & par les expériences précédentes *(art. XXXIX)* : : 132 : 117, on aura, en ajoutant ces temps, 159 à 138 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement du verre & de l'étain.

4.° Que le temps du refroidiſſement du verre eſt à celui du refroidiſſement de la glaiſe, au point de pouvoir les tenir : : 10 : 7 $\frac{1}{2}$, & : : 38 $\frac{1}{2}$: 31 par les expériences précédentes *(article LX)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 48 $\frac{1}{2}$ à 38 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par la préſente expérience étant : : 27 : 20, & : : 113 : 87 par les expériences précédentes *(art. LX)*; on aura, en ajoutant ces temps, 140 à 107 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement du verre & de la glaiſe.

5.° Que le temps du refroidiſſement du verre eſt à celui du refroidiſſement de l'ocre, au point de pouvoir les tenir : : 10 : 5 par les préſentes expériences, & : : 38 $\frac{1}{2}$: 25 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes *(art. LX)*; ainſi on

aura, en ajoutant ces temps, 48 ½ à 30½ pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement ; & pour le ſecond, le rapport donné par la préſente expérience étant : : 27 : 16 ; & par les expériences précédentes *(art. LX)* : : 113 à 75, on aura, en ajoutant ces temps, 140 à 91 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement du verre & de l'ocre.

6.° Que le temps du refroidiſſement de la pierre dure eſt à celui du refroidiſſement du plomb, au point de pouvoir les tenir : : 10 ½ : 9 ½, & : : 29 : 23 pour leur entier refroidiſſement.

7.° Que le temps du refroidiſſement de la pierre dure eſt à celui du refroidiſſement de l'étain, au point de les tenir : : 10½ : 8 ½, & : : 29 : 21 pour leur entier refroidiſſement.

8.° Que le temps du refroidiſſement de la pierre dure eſt à celui du refroidiſſement de la glaiſe, au point de les tenir : : 10½ : 7½, & : : 29 : 20 pour leur entier refroidiſſement.

9.° Que le temps du refroidiſſement de la pierre dure eſt à celui du refroidiſſement de l'ocre, au point de les tenir : : 10½ : 5, & : : 29 : 16 pour leur entier refroidiſſement.

10.° Que le temps du refroidiſſement du plomb eſt à celui du refroidiſſement de l'étain, au point de les tenir : : 9 ½ : 8½ par la préſente expérience, & : : 36½ : 31 ½ par les expériences précédentes *(art. XXXIX)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 46 à 40 pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement ; & pour le ſecond, le rapport donné par la préſente expérience étant : : 23 : 21, & : : 109 : 89 par les expériences précédentes *(article XXXIX)*;

XXXIX); on aura, en ajoutant ces temps, 132 à 110 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb & de l'étain.

11.° Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de la glaise, au point de pouvoir les tenir : : $9\frac{1}{2}$: $7\frac{1}{2}$ par la présente expérience, & : : 7 : $5\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes *(art. XXXV)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $16\frac{1}{2}$ à 13 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : : 23 : 20, & : : 18 : 15 par les expériences précédentes *(art. XXXV)*; on aura, en ajoutant ces temps, 41 à 35 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb & de la glaise.

12.° Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de pouvoir les tenir : : $9\frac{1}{2}$: 5 par la présente expérience, & : : 7 : 5 par les expériences précédentes *(art. XXXV)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $16\frac{1}{2}$ à 10 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : : 23 : 16, & : : 18 : 13 par les expériences précédentes *(art. XXXV)*; on aura, en ajoutant ces temps, 41 à 29 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb & de l'ocre.

13.° Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir

: : 8½ : 7½, & : : 21 : 20 pour leur entier refroidiſſement.

14.° Que le temps du refroidiſſement de l'étain eſt à celui du refroidiſſement de l'ocre, au point de les tenir : : 8½ : 5, & : : 21 : 16 pour leur entier refroidiſſement.

15.° Que le temps du refroidiſſement de la glaiſe, eſt à celui du refroidiſſement de l'ocre, au point de pouvoir les tenir : : 7½ : 5 par la préſente expérience, & : : 43½ : 37 par les expériences précédentes *(art. LX)*; ainſi on aura, en ajoutant ces temps, 50 à 42 pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par la préſente expérience étant : : 20 : 16, & : : 120 : 104 par les expériences précédentes *(art. LX)*; on aura, en ajoutant ces temps, 140 à 120 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement de la glaiſe & de l'ocre.

L X V I.

AYANT fait chauffer enſemble les boulets de zinc, d'antimoine, de pierre calcaire tendre, de craie & de gyps, ils ſe ſont refroidis dans l'ordre ſuivant:

Refroidis à les tenir pendant une demi-ſeconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gyps, en............	3½.	En.................	11.
Craie, en...........	5.	En.................	16.
Antimoine, en.........	6.	En.................	22.
Pierre tendre, en.......	7½.	En.................	23.
Zinc, en............	14½.	En.................	29.

LXVII.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant:

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gyps, en.	3 ½.	En.	12.
Craie, en.	4 ¾.	En.	14.
Antimoine, en.	6.	En.	20.
Pierre tendre, en.	8.	En.	21.
Zinc, en	13 ½.	En.	28.

On peut conclure de ces deux expériences:

1.° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de pouvoir les tenir : : 28 : 15 ½, & : : 57 : 44 pour leur entier refroidissement.

2.° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir : : 28 : 12 par les présentes expériences, & : : 94 : 52 par les expériences précédentes *(art. XLVIII)*; ainsi en ajoutant ces temps, on aura 122 à 64 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second; le rapport donné par les présentes expériences étant : : 57 : 42, & : : 285 : 184 par les expériences précédentes *(art. XLVIII)*; on aura, en ajoutant ces temps, 342 à 226 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc & de l'antimoine.

3.° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les

tenir : : 28 : 9 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, & : : 31 : 12 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes *(art. LII)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 59 à 22 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant : : 57 : 30, & : : 59 : 38 par les expériences précédentes *(art. LII)*; on aura, en ajoutant ces temps, 116 à 68 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc & de la craie.

4.° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du gyps, au point de pouvoir les tenir : : 28 : 7 par les présentes expériences, & : : 38 : 15 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes *(article LXII)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 66 à 22 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant : : 57 : 23, & : : 100 : 44 par les expériences précédentes *(art. LXII)*; on aura, en ajoutant ces temps, 157 à 67 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc & du gyps.

5.° Que le temps du refroidissement de l'antimoine est à celui du refroidissement de la pierre calcaire tendre, au point de les tenir : : 12 : 15 $\frac{1}{2}$, & : : 42 : 44 pour leur entier refroidissement.

6.° Que le temps du refroidissement de l'antimoine est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir : : 12 : 9 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, & : : 13 $\frac{1}{2}$: 12 par les expériences précédentes *(art. LXIV)*;

ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 25 ½ à 21 ½ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant : : 42 : 30, & : : 50 : 38 par les expériences précédentes *(art. LXIV)*; on aura, en ajoutant ces temps, 92 à 68 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'antimoine & de la craie.

7.° Que le temps du refroidissement de l'antimoine est à celui du refroidissement du gyps, au point de pouvoir les tenir : : 12 : 7, & : : 42 : 23 pour leur entier refroidissement.

8.° Que le temps du refroidissement de la pierre tendre est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir : : 15 ½ : 9 ½ par les présentes expériences, & : : 14 : 12 par les expériences précédentes *(art. LXIV)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 29 ½ à 21 ½ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant : : 44 : 30, & : : 49 : 38 par les expériences précédentes *(art. LXIV)*; on aura, en ajoutant ces temps, 93 à 68 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la pierre tendre & de la craie.

9.° Que le temps du refroidissement de la pierre calcaire tendre est à celui du refroidissement du gyps, au point de les tenir : : 15 ½ : 7 par les présentes expériences, & : : 12 : 4 ½ par les expériences précédentes *(art. XXXVIII)*; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 27 ½ à 11 ½ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour

le ſecond, le rapport donné par les expériences préſentes étant :: 44 : 23, & :: 27 : 14 par les expériences précédentes (*article XXXVIII*); on aura, en ajoutant ces temps, 71 à 37 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement de la pierre tendre & du gyps.

10.° Que le temps du refroidiſſement de la craie eſt à celui du refroidiſſement du gyps, au point de pouvoir les tenir :: $9\frac{1}{2}$: 7 par les préſentes expériences, & :: 25 : 16 par les expériences précédentes (*art. LVI*); ainſi on aura, en ajoutant ces temps, $34\frac{1}{2}$ à 23 pour le rapport plus précis de leur premier refroidiſſement; & pour le ſecond, le rapport donné par les préſentes expériences étant :: 30 : 23, & :: 71 : 57 par les expériences précédentes (*art. LVI*); on aura, en ajoutant ces temps, 101 à 80 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidiſſement de la craie & du gyps.

Je borne ici cette ſuite d'expériences aſſez longues à faire & fort ennuyeuſes à lire; j'ai cru devoir les donner telles que je les ai faites à pluſieurs repriſes dans l'eſpace de ſix ans : ſi je m'étois contenté d'en additionner les réſultats, j'aurois à la vérité fort abrégé ce Mémoire; mais on n'auroit pas été en état de les répéter, & c'eſt cette conſidération qui m'a fait préférer de donner l'énumération & le détail des expériences mêmes, au lieu d'une table abrégée que j'aurois pu faire de leurs réſultats accumulés. Je vais néanmoins donner par forme de récapitulation, la Table générale de ces rapports tous comparés à 10000, afin que d'un coup d'œil on puiſſe en ſaiſir les différences.

TABLE

Des rapports du refroidissement des différentes substances minérales.

FER.

		Premier refroidissement.	Entier refroidissement.
Fer &	Émeril	10000 à 9117	— 9020.
	Cuivre	10000 à 8512	— 8702.
	Or	10000 à 8160	— 8148.
	Zinc	10000 à 7654 / 6804	— 6020.
	Argent	10000 à 7619	— 7423.
	Marbre blanc	10000 à 6774	— 6704.
	Marbre commun	10000 à 6636	— 6746.
	Pierre calcaire dure	10000 à 6617	— 6274.
	Grès	10000 à 5796	— 6926.
	Verre	10000 à 5576	— 5805.
	Plomb	10000 à 5143	— 6482.
	Étain	10000 à 4898	— 4921.
	Pierre calcaire tendre	10000 à 4194	— 4659.
	Glaise	10000 à 4198	— 4490.
	Bismuth	10000 à 3580	— 4081.
	Craie	10000 à 3086	— 3878.
	Gyps	10000 à 2325	— 2817.
	Bois	10000 à 1860	— 1549.
	Pierre ponce	10000 à 1627	— 1268.

ÉMERIL.

Émeril &	Cuivre	10000 à 8519	— 8148.
	Or	10000 à 8513	— 8560.

		Premier refroidissement.	Entier refroidissement.
	Zinc	10000 à 8390	— 7692.
	Argent	10000 à 7458 7778	— 7895.
	Pierre calcaire dure	10000 à 7304	— 6963.
	Grès	10000 à 6552	— 6517.
	Verre	10000 à 5862	— 5506.
	Plomb	10000 à 5718	— 6643.
Émeril &	Étain	10000 à 5658	— 6000.
	Glaise	10000 à 5185	— 5185.
	Bismuth	10000 à 4949	— 6060.
	Antimoine	10000 à 4540	— 5827.
	Ocre	10000 à 4259	— 3827.
	Craie	10000 à 3684	— 4105.
	Gyps	10000 à 2368	— 2947.
	Bois	10000 à 1552	— 3146.

CUIVRE.

	Or	10000 à 9136	— 9194.
	Zinc	10000 à 8571	— 9250.
	Argent	10000 à 7619 8395	— 7823.
	Marbre commun	10000 à 7638	— 8019.
	Grès	10000 à 7333	— 8160.
	Verre	10000 à 6667	— 6567.
Cuivre &	Plomb	10000 à 6179	— 7367.
	Étain	10000 à 5746	— 6916.
	Pierre calcaire tendre	10000 à 5168	— 5633.
	Glaise	10000 à 5652	— 6363.
	Bismuth	10000 à 5686	— 5959.
	Antimoine	10000 à 5130	— 5808.
	Ocre	10000 à 5000	— 4697.
	Craie	10000 à 4068	— 4368.

OR.

O R.

			Premier refroidissement.	Entier refroidissement.
Or &	Zinc	10000 à	9474	— 9304.
	Argent	10000 à	8936 [8422]	— 8686.
	Marbre blanc	10000 à	8101	— 7863.
	Marbre commun	10000 à	7342	— 7435.
	Pierre calcaire dure	10000 à	7383	— 7516.
	Grès	10000 à	7368	— 7627.
	Verre	10000 à	7103	— 5932.
	Plomb	10000 à	6526	— 7500.
	Étain	10000 à	6324	— 6051.
	Pierre calcaire tendre	10000 à	6087	— 5811.
	Glaise	10000 à	5814	— 5077.
	Bismuth	10000 à	5658	— 7043.
	Porcelaine	10000 à	5526	— 5593.
	Antimoine	10000 à	5395	— 6348.
	Ocre	10000 à	5349	— 4462.
	Craie	10000 à	4571	— 4452.
	Gyps	10000 à	2989	— 3293.

Z I N C.

Zinc &	Argent	10000 à	8904 [10015]	— 8990.
	Marbre blanc	10000 à	8305 [7194]	— 8424.
	Grès	10000 à	6949 [5838]	— 7333.
	Plomb	10000 à	6051 [4940]	— 7947.
	Étain	10000 à	6777 [5666]	— 6240.
	Pierre calcaire tendre	10000 à	5536 [4425]	— 7719.
	Glaise	10000 à	5484 [4373]	— 7458.

		Premier refroidissement.	Entier refroidissement.
Zinc &	Bismuth..........	10000 à 5343	— 7547.
		4232	
	Antimoine.........	10000 à 5246	— 6608.
		4135	
	Craie............	10000 à 3729	— 5862.
		2618	
	Gyps............	10000 à 3409	— 4268.
		2298	

ARGENT.

Argent &	*Marbre blanc*........	10000 à 8681	— 9200.
	Marbre commun....	10000 à 7912	— 9040.
	Pierre calcaire dure..	10000 à 7436	— 8580.
	Grès............	10000 à 7361	— 7767.
	Verre............	10000 à 7230	— 7212.
	Plomb............	10000 à 7154	— 9184.
	Étain............	10000 à 6176	— 6289.
	Pierre calcaire tendre.	10000 à 6178	— 6287.
	Glaise............	10000 à 6034	— 6710.
	Bismuth..........	10000 à 6308	— 8877.
	Porcelaine........	10000 à 5556	— 5242.
	Antimoine........	10000 à 5692	— 7653.
	Ocre............	10000 à 5000	— 5658.
	Craie............	10000 à 4310	— 5000.
	Gyps............	10000 à 2879	— 3366.
	Bois............	10000 à 2353	— 1864.
	Pierre ponce......	10000 à 2059	— 1525.

MARBRE BLANC.

Marbre blanc &..	Marbre commun...	10000 à 8992	— 9405.
	Pierre dure.......	10000 à 8594	— 9130.
	Grès............	10000 à 8286	— 8990.
	Plomb..........	10000 à 7604	— 5555.

			Premier refroidissement.	Entier refroidissement.
Marbre blanc &..	Étain............	10000 à	7143 —	6792.
	Pierre calcaire tendre	10000 à	6792 —	7218.
	Glaise............	10000 à	6400 —	6286.
	Antimoine........	10000 à	6286 —	6792.
	Ocre............	10000 à	5400 —	5571.
	Gyps............	10000 à	4920 —	5116.
	Bois............	10000 à	2200 —	2857.

MARBRE COMMUN.

Marbre commun &..	Pierre dure........	10000 à	9483 —	9655.
	Grès............	10000 à	8767 —	9273.
	Plomb...........	10000 à	7671 —	8590.
	Étain............	10000 à	7424 —	6666.
	Pierre tendre......	10000 à	7327 —	7959.
	Glaise............	10000 à	7272 —	7213.
	Antimoine........	10000 à	6279 —	8333.
	Ocre............	10000 à	6136 —	6393.
	Craie............	10000 à	5581 —	6333.
	Bois............	10000 à	2500 —	3279.

PIERRE CALCAIRE DURE.

Pierre dure &...	Grès............	10000 à	9268 —	9355.
	Verre............	10000 à	8710 —	8352.
	Plomb...........	10000 à	8571 —	7931.
	Étain............	10000 à	8095 —	7931.
	Pierre tendre......	10000 à	8000 —	8095.
	Glaise............	10000 à	6190 —	6897.
	Ocre............	10000 à	4762 —	5517.
	Bois............	10000 à	2195 —	4516.

GRÈS.

		Premier refroidissement.	Entier refroidissement.
Grès &	Verre	10000 à 9324	7939.
	Plomb	10000 à 8561	8950.
	Étain	10000 à 7667	7633.
	Pierre tendre	10000 à 7647	7193.
	Porcelaine	10000 à 7364	7059.
	Antimoine	10000 à 7333	6170.
	Gyps	10000 à 4568	5000.
	Bois	10000 à 2368	4828.

VERRE.

Verre &	Plomb	10000 à 9318	8548.
	Étain	10000 à 9107	8679.
	Glaise	10000 à 7938	7643.
	Porcelaine	10000 à 7692	8863.
	Ocre	10000 à 6289	6500.
	Craie	10000 à 6104	6195.
	Gyps	10000 à 4160	6011.
	Bois	10000 à 2647	5514.

PLOMB.

Plomb &	Étain	10000 à 8695	8333.
	Pierre tendre	10000 à 8437	7192.
	Glaise	10000 à 7878	8536.
	Bismuth	10000 à 8698	8750.
	Antimoine	10000 à 8241	8201.
	Ocre	10000 à 6060	7073.
	Craie	10000 à 5714	6111.
	Gyps	10000 à 4736	5714.

ÉTAIN.

		Premier refroidissement.	Entier refroidissement.
Étain &	Glaise	10000 à 8823	9524.
	Bismuth	10000 à 8888	9400.
	Antimoine	10000 à 8710	9156.
	Ocre	10000 à 5882	7619.
	Craie	10000 à 6364	6842.
	Gyps	10000 à 4090	4912.

PIERRE CALCAIRE TENDRE.

Pierre tendre &	Antimoine	10000 à 7742	9545.
	Craie	10000 à 7288	7312.
	Gyps	10000 à 4182	5211.

GLAISE.

Glaise &	Bismuth	10000 à 8870	9419.
	Ocre	10000 à 8400	8571.
	Craie	10000 à 7701	8000.
	Gyps	10000 à 5185	8055.
	Bois	10000 à 3437	4545.

BISMUTH.

Bismuth &	Antimoine	10000 à 9349	9572.
	Ocre	10000 à 8846	7380.
	Craie	10000 à 8620	9500.

PORCELAINE.

Porcelaine & Gyps		10000 à 5308	6500.

ANTIMOINE.

Antimoine &	Craie	10000 à 8431	7391.
	Gyps	10000 à 5833	5476.

Premier refroidissement. Entier refroidissement.

OCRE.

			Premier refroidissement.	Entier refroidissement.
Ocre &	Craie	10000 à	8654 —	8889.
	Gyps	10000 à	6364 —	9062.
	Bois	10000 à	4074 —	5128.

CRAIE.

Craie & Gyps	10000 à	6667 —	7920.

GYPS.

Gyps &	Bois	10000 à	8000 —	5250.
	Pierre ponce	10000 à	7000 —	4500.

BOIS.

Bois & pierre ponce	10000 à	8750 —	8182.

Quelque attention que j'aie donnée à mes expériences; quelque ſoin que j'aie pris pour en rendre les rapports plus exacts; j'avoue qu'il y a encore quelques imperfections dans cette table qui les contient tous; mais ces défauts ſont légers & n'influent pas beaucoup ſur les réſultats généraux; par exemple, on s'apercevra aiſément que le rapport du zinc au plomb, étant de 10000 à 6051, celui du zinc à l'étain devroit être moindre de 6000, tandis qu'il ſe trouve dans la table de 6777. Il en eſt de même de celui de l'argent au biſmuth, qui devroit être moindre que 6308; & encore de celui du plomb à la glaiſe qui devroit être de plus de 8000, & qui ne ſe trouve être dans la table que de 7878, mais cela provient de ce que les boulets de plomb & de

bismuth n'ont pas toujours été les mêmes, ils se sont fondus aussi-bien que ceux d'étain & d'antimoine, ce qui n'a pu manquer de produire des variations, dont les plus grandes sont les trois que je viens de remarquer. Il ne m'a pas été possible de faire mieux: les différens boulets de plomb, d'étain, de bismuth & d'antimoine dont je me suis successivement servi, étoient faits, à la vérité, sur le même calibre, mais la matière de chacun pouvoit être un peu différente, selon la quantité d'alliage du plomb & de l'étain, car je n'ai eu de l'étain pur que pour les deux premiers boulets; d'ailleurs il reste assez souvent une petite cavité dans ces boulets fondus, & ces petites causes suffisent pour produire les petites différences qu'on pourra remarquer dans ma table.

Il en est de même du rapport de l'étain à l'ocre, qui devroit être de plus de 6000, & qui ne se trouve dans la table que de 5882, parce que l'ocre étant une matière friable qui diminue par le frottement, j'ai été obligé de changer trois ou quatre fois les boulets d'ocre. J'avoue qu'en donnant à ces expériences le double du très-long temps que j'y ai employé, j'aurois pu parvenir à un plus grand degré de précision, mais je me flatte qu'il y en a suffisamment, pour qu'on soit convaincu de la vérité des résultats que l'on peut en tirer. Il n'y a guère que les personnes accoutumées à faire des expériences, qui sachent combien il est difficile de constater un seul fait de la Nature, par tous les moyens que l'art peut nous fournir; il faut joindre la patience au génie, & souvent cela ne suffit pas

encore, il faut quelquefois renoncer malgré soi au degré de précision que l'on desireroit, parce que cette précision en exigeroit une toute aussi grande dans toutes les mains dont on se sert, & demanderoit en même temps une parfaite égalité dans toutes les matières que l'on emploie; aussi tout ce que l'on peut faire en Physique expérimentale ne peut pas nous donner des résultats rigoureusement exacts, & ne peut aboutir qu'à des approximations plus ou moins grandes; & quand l'ordre général de ces approximations ne se dément que par de légères variations, on doit être satisfait.

Au reste, pour tirer de ces nombreuses expériences tout le fruit que l'on doit en attendre, il faut diviser les matières qui en font l'objet en quatre classes ou genres différens.

1.° Les métaux; 2.° les demi-métaux & minéraux métalliques; 3.° les substances vitrées & vitrescibles; 4.° les substances calcaires & calcinables. Comparer ensuite les matières de chaque genre entr'elles, pour tâcher de reconnoître la cause ou les causes de l'ordre que suit le progrès de la chaleur dans chacune; & enfin comparer les genres même entr'eux, pour essayer d'en déduire quelques résultats généraux.

I.

L'ORDRE des six métaux, suivant leur densité, est étain, fer, cuivre, argent, plomb, or; tandis que l'ordre dans lequel ces métaux reçoivent & perdent la chaleur est

étain,

étain, plomb, argent, or, cuivre, fer, dans lequel il n'y a que l'étain qui conserve sa place.

Le progrès & la durée de la chaleur dans les métaux ne suit donc pas l'ordre de leur densité, si ce n'est pour l'étain qui, étant le moins dense de tous, est en même temps celui qui perd le plus tôt sa chaleur; mais l'ordre des cinq autres métaux nous démontre que c'est dans le rapport de leur fusibilité que tous reçoivent & perdent la chaleur, car le fer est plus difficile à fondre que le cuivre, le cuivre l'est plus que l'or, l'or plus que l'argent, l'argent plus que le plomb, & le plomb plus que l'étain; on doit donc en conclure, que ce n'est qu'un hasard si la densité & la fusibilité de l'étain se trouvent ici réunies pour le placer au dernier rang.

Cependant ce seroit trop s'avancer que de prétendre qu'on doit tout attribuer à la fusibilité, & rien du tout à la densité; la Nature ne se dépouille jamais d'une de ses propriétés en faveur d'une autre, d'une manière absolue, c'est-à-dire, de façon que la première n'influe en rien sur la seconde, ainsi la densité peut bien entrer pour quelque chose dans le progrès de la chaleur; mais au moins nous pouvons prononcer affirmativement, que dans les six métaux elle n'y fait que très-peu, au lieu que la fusibilité y fait presque le tout.

Cette première vérité n'étoit connue ni des Chimistes ni des Physiciens, on n'auroit pas même imaginé que l'or qui est plus de deux fois & demie plus dense que le fer, perd néanmoins sa chaleur un demi-tiers plus vîte. Il en

eſt de même du plomb, de l'argent & du cuivre, qui tous ſont plus denſes que le fer, & qui, comme l'or, s'échauffent & ſe refroidiſſent plus promptement; car quoiqu'il ne ſoit queſtion que du refroidiſſement dans ce ſecond Mémoire, les expériences du Mémoire qui précède celui-ci, démontrent à n'en pouvoir douter, qu'il en eſt de l'entrée de la chaleur dans les corps comme de ſa ſortie, & que ceux qui la reçoivent le plus vîte, ſont en même temps ceux qui la perdent le plus tôt.

Si l'on réfléchit ſur les principes réels de la denſité & ſur la cauſe de la fuſibilité, on ſentira que la denſité dépend abſolument de la quantité de matière que la Nature place dans un eſpace donné, que plus elle peut y en faire entrer, plus il y a de denſité, & que l'or eſt à cet égard la ſubſtance qui de toutes contient le plus de matière relativement à ſon volume. C'eſt pour cette raiſon que l'on avoit cru juſqu'ici, qu'il falloit plus de temps pour échauffer ou refroidir l'or que les autres métaux; il eſt en effet aſſez naturel de penſer, que contenant ſous le même volume le double ou le triple de matière, il faudroit le double ou le triple du temps pour la pénétrer de chaleur, & cela ſeroit vrai, ſi dans toutes les ſubſtances les parties conſtituantes étoient de la même figure, & en conſéquence toutes arrangées de même. Mais dans les unes comme dans les plus denſes, les molécules de la matière ſont probablement de figure aſſez régulière, pour ne pas laiſſer entr'elles de très-grands eſpaces vides; dans d'autres moins denſes, leurs figures plus irrégulières, laiſſent des

vides plus nombreux & plus grands, & dans les plus légères les molécules étant en petit nombre & probablement de figure très-irrégulière, il se trouve mille & mille fois plus de vide que de plein: car on peut démontrer par d'autres expériences, que le volume de la substance même la plus dense, contient encore beaucoup plus d'espace vide que de matière pleine.

Or, la principale cause de la fusibilité, est la facilité que les particules de la chaleur trouvent à séparer les unes des autres ces molécules de la matière pleine: que la somme des vides en soit plus ou moins grande, ce qui fait la densité ou la légèreté, cela est indifférent à la séparation des molécules qui constituent le plein; & la plus ou moins grande fusibilité dépend en entier de la force de cohérence qui tient unies ces parties massives, & s'oppose plus ou moins à leur séparation. La dilatation du volume total est le premier degré de l'action de la chaleur, & dans les différens métaux, elle se fait dans le même ordre que la fusion de la masse qui s'opère par un plus grand degré de chaleur ou de feu. L'étain, qui de tous se fond le plus promptement, est aussi celui qui se dilate le plus vîte, & le fer qui est de tous le plus difficile à fondre, est de même celui dont la dilatation est la plus lente.

D'après ces notions générales qui paroissent claires, précises & fondées sur des expériences que rien ne peut démentir, on seroit porté à croire que la ductilité doit suivre l'ordre de la fusibilité, parce que la plus ou moins grande ductilité semble dépendre de la plus ou moins

grande adhésion des parties dans chaque métal ; cependant cet ordre de la ductilité des métaux, paroît avoir autant de rapport à l'ordre de la densité qu'à celui de leur fusibilité. Je dirois volontiers qu'il est en raison composée des deux autres, mais ce n'est que par estime & par une présomption qui n'est peut-être pas assez fondée ; car il n'est pas aussi facile de déterminer au juste les différens degrés de la fusibilité que ceux de la densité ; & comme la ductilité participe des deux, & qu'elle varie suivant les circonstances, nous n'avons pas encore acquis les connoissances nécessaires pour prononcer affirmativement sur ce sujet, qui est d'une assez grande importance pour mériter des recherches particulières. Le même métal traité à froid ou à chaud donne des résultats tout différens : la malléabilité est le premier indice de la ductilité, mais elle ne nous donne néanmoins qu'une notion assez imparfaite du point auquel la ductilité peut s'étendre. Le plomb, le plus souple, le plus malléable des métaux, ne peut se tirer à la filière en fils aussi fins que l'or, ou même que le fer, qui, de tous, est le moins malléable. D'ailleurs il faut aider la ductilité des métaux par l'addition du feu, sans quoi ils s'écrouissent, & deviennent cassans ; le fer même, quoique le plus robuste de tous, s'écrouit comme les autres ; ainsi la ductilité d'un métal & l'étendue de continuité qu'il peut supporter, dépendent non-seulement de sa densité & de sa fusibilité, mais encore de la manière dont on le traite, de la percussion plus lente ou plus prompte, & de l'addition de chaleur ou de feu qu'on lui donne à propos.

I I.

MAINTENANT si nous comparons les substances qu'on appelle *demi-métaux* & *minéraux métalliques* qui manquent de ductilité, nous verrons que l'ordre de leur densité est, émeril, zinc, antimoine, bismuth, & que celui dans lequel ils reçoivent & perdent la chaleur est, antimoine, bismuth, zinc, émeril, ce qui ne suit en aucune façon l'ordre de leur densité, mais plutôt celui de leur fusibilité; l'émeril *qui est* un minéral ferrugineux, quoiqu'une fois moins dense que le bismuth, conserve la chaleur une fois plus long-temps; le zinc plus léger que l'antimoine & le bismuth, conserve aussi la chaleur beaucoup plus long-temps; l'antimoine & le bismuth la reçoivent & la gardent à peu-près également. Il en est donc des demi-métaux & des minéraux métalliques comme des métaux: le rapport dans lequel ils reçoivent & perdent la chaleur, est à peu-près le même que celui de leur fusibilité, & ne tient que très-peu ou point du tout à celui de leur densité.

Mais en joignant ensemble les six métaux & les quatre demi-métaux ou minéraux métalliques que j'ai soumis à l'épreuve, on verra que l'ordre des densités de ces dix substances minérales est;

Émeril, zinc, antimoine, étain, fer, cuivre, bismuth, argent, plomb, or.

Et que l'ordre dans lequel ces substances s'échauffent & se refroidissent est;

Antimoine, bismuth, étain, plomb, argent, zinc, or, cuivre, émeril, fer.

Dans lequel il y a deux choſes qui ne paroîſſent pas bien d'accord avec l'ordre de la fuſibiſité:

1.° L'antimoine qui devroit s'échauffer & ſe refroidir plus lentement que le plomb, puiſqu'on a vu par les expériences de Newton, citées dans le *Mémoire* précédent, que l'antimoine demande pour ſe fondre dix degrés de la même chaleur, dont il n'en faut que huit pour fondre le plomb; au lieu que par mes expériences, *il ſe trouve que l'antimoine s'échauffe & ſe refroidit plus vîte que le plomb.* Mais on obſervera que Newton s'eſt ſervi de régule d'antimoine, & que je n'ai employé dans mes expériences que de l'antimoine fondu; or le régule d'antimoine ou l'antimoine naturel eſt bien plus difficile à fondre que l'antimoine qui a déjà ſubi une première fuſion; ainſi cela ne fait point une exception à la règle. Au reſte, j'ignore quel rapport il y auroit entre l'antimoine naturel ou régule d'antimoine & les autres matières que j'ai fait chauffer & refroidir; mais je préſume d'après l'expérience de Newton, qu'il s'échaufferoit & ſe refroidiroit plus lentement que le plomb.

2.° L'on prétend que le zinc ſe fond bien plus aiſément que l'argent, par conſéquent il devroit ſe trouver avant l'argent dans l'ordre indiqué par mes expériences, ſi cet ordre étoit dans tous les cas relatif à celui de la fuſibilité; & j'avoue que ce demi-métal ſemble, au premier coup d'œil, faire une exception à cette loi que ſuivent tous les autres; mais il faut obſerver; 1.° que la différence donnée par mes expériences entre le zinc & l'argent eſt fort petite; 2.° que le petit globe d'argent dont je me ſuis ſervi,

étoit de l'argent le plus pur, ſans la moindre partie de cuivre, ni d'autre alliage, & l'argent pur doit ſe fondre plus aiſément, & s'échauffer plus vîte que l'argent mêlé de cuivre: 3.° quoique le petit globe de zinc m'ait été donné par un de nos habiles Chimiſtes *(a)*, ce n'eſt peut-être pas du zinc abſolument pur & ſans mélange de cuivre, ou de quelqu'autre matière encore moins fuſible. Comme ce ſoupçon m'étoit reſté après toutes mes expériences faites, j'ai remis le globe de zinc à M. Rouelle qui me l'avoit donné, en le priant de s'aſſurer s'il ne contenoit pas du fer ou du cuivre, ou quelqu'autre matière qui s'oppoſeroit à ſa fuſibilité. Les épreuves en ayant été faites, M. Rouelle a trouvé dans ce zinc une quantité aſſez conſidérable de fer ou ſafran de mars: j'ai donc eu la ſatisfaction de voir que non-ſeulement mon ſoupçon étoit bien fondé, mais encore que mes expériences ont été faites avec aſſez de préciſion pour faire reconnoître un mélange dont il n'étoit pas aiſé de ſe douter: ainſi le zinc ſuit auſſi exactement que les autres métaux & demi-métaux dans le progrès de la chaleur l'ordre de la fuſibilité, & ne fait point une exception à la règle. On peut donc dire en général, que le progrès de la chaleur dans les métaux, demi-métaux & minéraux métalliques, eſt en même raiſon, ou au moins en raiſon très-voiſine de celle de leur fuſibilité *(b)*.

(a) M. Rouelle, Démonſtrateur de Chimie aux écoles du Jardin du Roi.

(b) Nota. Le globe de zinc ſur lequel ont été faites toutes les expériences, s'étant trouvé mêlé

III.

Les matières vitreſcibles & vitrées que j'ai miſes à l'épreuve, étant rangées ſuivant l'ordre de leur denſité ſont :

Pierre ponce, porcelaine, ocre, glaiſe, verre, criſtal-de-roche & grès ; car je dois obſerver que quoique le criſtal ne ſoit porté dans la table des poids de chaque matière que pour 6 gros 22 grains, il doit être ſuppoſé plus peſant d'environ 1 gros, parce qu'il étoit *ſenſiblement* trop petit, & c'eſt par cette raiſon que je l'ai exclu de la table générale des rapports, ayant rejeté toutes les expériences que j'ai faites avec ce globe trop petit. Néanmoins le réſultat général s'accorde aſſez avec les autres, pour que je puiſſe le préſenter. Voici donc l'ordre dans lequel ces différentes ſubſtances ſe ſont refroidies.

Pierre ponce, ocre, porcelaine, glaiſe, verre, criſtal & grès, qui, comme l'on voit, eſt le même que celui de la denſité, car l'ocre ne ſe trouve ici avant la porcelaine que parce qu'étant une matière friable, il s'eſt diminué par le frottement qu'il a ſubi dans les expériences ; &

d'une portion de fer, j'ai été obligé de ſubſtituer dans la Table générale aux premiers rapports, de nouveaux rapports que j'ai placés ſous les autres, par exemple, le rapport du fer au zinc de 10000 à 7654 n'eſt pas le vrai rapport, & c'eſt celui de 10000 à 6804 écrit au-deſſous qu'il faut adopter ; il en eſt de même de toutes les autres corrections que j'ai faites d'un neuvième ſur chaque nombre, parce que j'ai reconnu que la portion de fer contenue dans ce zinc, avoit diminué au moins d'un neuvième le progrès de la chaleur.

d'ailleurs

d'ailleurs sa densité diffère si peu de la porcelaine, qu'on peut les regarder comme égales.

Ainsi la loi du progrès de la chaleur dans les matières vitrescibles & vitrées, est relative à l'ordre de leur densité, & n'a que peu ou point de rapport avec leur fusibilité, par la raison qu'il faut, pour fondre toutes ces substances, un degré presqu'égal du feu le plus violent, & que les degrés particuliers de leur différente fusibilité sont si près les uns des autres, qu'on ne peut pas en faire un ordre composé de termes distincts. Ainsi leur fusibilité presque égale ne faisant qu'un terme, qui est l'extrême de cet ordre de fusibilité, on ne doit pas être étonné de ce que le progrès de la chaleur suit ici l'ordre de la densité, & que ces différentes substances qui toutes sont également difficiles à fondre, s'échauffent & se refroidissent plus lentement & plus vîte, à proportion de la quantité de matière qu'elles contiennent.

On pourra m'objecter que le verre se fond plus aisément que la glaise, la porcelaine, l'ocre & la pierre ponce, qui néanmoins s'échauffent & se refroidissent en moins de temps que le verre; mais l'objection tombera lorsqu'on réfléchira qu'il faut, pour fondre le verre, un feu très-violent dont le degré est si éloigné des degrés de chaleur que reçoit le verre dans nos expériences sur le refroidissement, qu'il ne peut influer sur ceux-ci. D'ailleurs en pulvérisant la glaise, la porcelaine, l'ocre & la pierre ponce, & leur donnant des fondans analogues, comme l'on en donne au sable pour le convertir en verre; il est

plus que probable qu'on feroit fondre toutes ces matières au même degré de feu, & que par conséquent on doit regarder comme égale ou presqu'égale leur résistance à la fusion, & c'est par cette raison que la loi du progrès de la chaleur dans ces matières se trouve proportionnelle à l'ordre de leur densité.

IV.

LES matières calcaires rangées suivant l'ordre de leur densité, sont:

Craie, pierre tendre, pierre dure, marbre commun, marbre blanc.

L'ordre dans lequel elles s'échauffent & se refroidissent est craie, pierre tendre, pierre dure, marbre commun & marbre blanc, qui, comme l'on voit, est le même que celui de leur densité. La fusibilité n'y entre pour rien, parce qu'il faut d'abord un très-grand degré de feu pour les calciner, & que quoique la calcination en divise les parties, on ne doit en regarder l'effet que comme un premier degré de fusion, & non pas comme une fusion complète; toute la puissance des meilleurs miroirs ardens suffit à peine pour l'opérer: j'ai fondu & réduit en une espèce de verre quelques-unes de ces matières calcaires au foyer d'un de mes miroirs, & je me suis convaincu que ces matières peuvent, comme toutes les autres, se réduire ultérieurement en verre, sans y employer aucun fondant, & seulement par la force d'un feu bien supérieur à celui de nos fourneaux. Par conséquent le terme

commun de leur fuſibilité eſt encore plus éloigné & plus extrême que celui des matières vitrées, & c'eſt par cette raiſon qu'elles ſuivent auſſi plus exactement dans le progrès de la chaleur l'ordre de la denſité.

Le gyps blanc, qu'on appelle improprement albâtre, eſt une matière qui ſe calcine comme tous les autres plâtres, à un degré de feu plus médiocre que celui qui eſt néceſſaire pour la calcination des matières calcaires; auſſi ne ſuit-il pas l'ordre de la denſité dans le progrès de la chaleur qu'il reçoit ou qu'il perd, car quoique beaucoup plus denſe que la craie, & un peu plus denſe que la pierre calcaire blanche, il s'échauffe & ſe refroidit néanmoins bien plus promptement que l'une & l'autre de ces matières. Ceci nous démontre que la calcination & la fuſion plus ou moins facile, produiſent le même effet relativement au progrès de la chaleur. Les matières gypſeuſes ne demandent pas pour ſe calciner autant de feu que les matières calcaires, & c'eſt par cette raiſon que quoique plus denſes, elles s'échauffent & ſe refroidiſſent plus vîte.

Ainſi on peut aſſurer, en général, que le *progrès de la chaleur dans toutes les ſubſtances minérales eſt toujours à très-peu-près en raiſon de leur plus ou moins grande facilité à ſe calciner ou à ſe fondre;* mais que quand leur calcination ou leur fuſion ſont *également difficiles, & qu'elles exigent un degré de chaleur extrême*, alors le *progrès de la chaleur ſe fait ſuivant l'ordre de leur denſité.*

Au reſte, j'ai dépoſé au Cabinet du Roi, les globes

d'or, d'argent & de toutes les autres ſubſtances métalliques & minérales qui ont ſervi aux expériences précédentes, afin de les rendre plus authentiques, en mettant à portée de les vérifier, ceux qui voudroient douter de la vérité de leurs réſultats, & de la conſéquence générale que je viens d'en tirer.

TROISIÈME MÉMOIRE.

OBSERVATIONS
Sur la nature de la PLATINE.

ON vient de voir que de toutes les substances minérales que j'ai mises à l'épreuve, ce ne sont pas les plus denses, *mais les moins fusibles auxquelles il faut le plus de temps* pour recevoir & perdre la chaleur; le fer & l'émeril qui sont les matières métalliques les plus difficiles à fondre, sont en même temps celles qui s'échauffent & se refroidissent le plus lentement. Il n'y a dans la Nature que la platine qui pourroit être encore moins accessible à la chaleur, & qui la conserveroit plus long-temps que le fer. Ce minéral dont on ne parle que depuis peu, paroît être encore plus difficile à fondre; le feu des meilleurs fourneaux n'est pas assez violent pour produire cet effet, ni même pour en aglutiner les petits grains qui sont tous anguleux, émoussés, durs, & assez semblables pour la forme à de la grosse limaille de fer, mais d'une couleur un peu jaunâtre: & quoiqu'on puisse les faire couler sans addition de fondans, & les réduire en masse au foyer d'un bon miroir brûlant, la platine semble exiger plus de chaleur que la mine & la limaille de fer que nous faisons aisément fondre à nos fourneaux de forge. D'ailleurs la densité de la platine étant beaucoup plus grande que celle du fer, les deux qualités de densité & de non-fusibilité se

réunissent ici pour rendre cette matière la moins accessible de toutes au progrès de la chaleur. Je présume donc que la platine seroit à la tête de ma Table & avant le fer si je l'avois mise en expérience, mais il ne m'a pas été possible de m'en procurer un globe d'un pouce de diamètre; on ne la trouve qu'en grains *(a)*, & celle qui est en masse n'est pas pure, parce qu'on y a mêlé, pour la fondre, d'autres matières qui en ont altéré la nature. Un de mes amis *(b)*, homme de beaucoup d'esprit, qui a la bonté de partager souvent mes vues, m'a mis à portée d'examiner cette substance métallique encore rare, & qu'on ne connoît pas assez. Les Chimistes qui ont travaillé sur la platine, l'ont regardée comme un métal nouveau, parfait, propre, particulier & différent de tous les autres métaux; ils ont assuré que sa pesanteur spécifique étoit à très-peu-près égale à celle de l'or, que néanmoins ce huitième métal différoit d'ailleurs essentiellement de l'or, n'en ayant ni la ductilité ni la fusibilité. J'avoue que je suis dans une opinion différente & même toute opposée. Une matière qui n'a ni ductilité ni fusibilité, ne doit pas être mise au nombre des métaux, dont les propriétés

(a) Un homme digne de foi, m'a néanmoins assuré qu'on trouve quelquefois de la platine en masse, & qu'il en avoit vu un morceau de vingt livres pesant qui n'avoit point été fondu, mais tiré de la mine même.

(b) M. le comte de la Billarderie d'Angivillers, de l'Académie des Sciences, Intendant en *survivance* du Jardin & du Cabinet du Roi.

essentielles & communes sont d'être fusibles & ductiles. Et la platine, d'après l'examen que j'en ai pu faire, ne me paroît pas être un nouveau métal différent de tous les autres, mais un mélange, un alliage de fer & d'or formé par la Nature, dans lequel la quantité d'or semble dominer sur la quantité de fer; & voici les faits sur lesquels je crois pouvoir fonder cette opinion.

De huit onces trente-cinq grains de platine que m'a fournie M. d'Angivillers, & que j'ai présentée à une forte pierre d'aimant, il ne m'en est resté qu'une once un gros vingt-neuf grains, tout le reste a été enlevé par l'aimant à deux gros près, qui ont été réduits en poudre qui s'est attachée aux feuilles de papier, & qui les a profondément noircies, comme je le dirai tout-à-l'heure; cela fait donc à très-peu-près six septièmes du total qui ont été attirés par l'aimant; ce qui est une quantité si considérable, relativement au tout, qu'il est impossible de se refuser à croire que le fer ne soit contenu dans la substance intime de la platine, & qu'il n'y soit même en assez grande quantité. Il y a plus; c'est que si je ne m'étois pas lassé de ces expériences, qui ont duré plusieurs jours, j'aurois encore tiré par l'aimant une grande partie du restant de mes huit onces de platine: *car l'aimant en attiroit encore* quelques grains un à un, & quelquefois deux quand on a cessé de le présenter. Il y a donc beaucoup de fer dans la platine; & il n'y est pas simplement mêlé comme matière étrangère, mais intimément uni, & faisant partie de sa substance, ou si l'on veut le nier, il faudra supposer

qu'il exiſte dans la Nature une ſeconde matière qui, comme le fer, eſt attirable par l'aimant; mais cette ſuppoſition gratuite tombera par les autres faits que je vais rapporter.

Toute la platine que j'ai eu occaſion d'examiner, m'a paru mélangée de deux matières différentes, l'une noire & très-attirable par l'aimant, l'autre en plus gros grains d'un blanc livide un peu jaunâtre & beaucoup moins magnétique que la première; entre ces deux matières qui ſont les deux extrêmes de cette eſpèce de mélange, ſe trouvent toutes les nuances intermédiaires, ſoit pour le magnétiſme, ſoit pour la couleur & la groſſeur des grains. Les plus magnétiques qui ſont en même temps les plus noirs & les plus petits, ſe réduiſent aiſément en poudre par un frottement aſſez léger, & laiſſent ſur le papier blanc la même couleur que le plomb frotté. Sept feuilles de papier dont on s'eſt ſervi ſucceſſivement pour expoſer la platine à l'action de l'aimant, ont été noircies ſur toute l'étendue qu'occupoit la platine, les dernières feuilles moins que les premières à meſure qu'elle ſe trioit; & que les grains qui reſtoient étoient moins noirs & moins magnétiques. Les plus gros grains, qui ſont les plus colorés & les moins magnétiques, au lieu de ſe réduire en pouſſière comme les petits grains noirs, ſont au contraire très-durs & réſiſtent à toute trituration; néanmoins ils ſont ſuſceptibles d'extenſion dans un mortier d'agate *(c)*,

(c) Nota. Je n'ai pas voulu les étendre ſur le tas d'acier, dans la crainte de leur communiquer plus de magnétiſme qu'ils n'en ont naturellement.

ſous

ſous les coups réitérés d'un pilon de même matière, & j'en ai aplati & étendu pluſieurs grains au double & au triple de l'étendue de leur ſurface; cette partie de la platine a donc un certain degré de malléabilité & de ductilité, tandis que la partie noire ne paroît être ni malléable ni ductile. Les grains intermédiaires participent des qualités des deux extrêmes, ils ſont aigres & durs, ils ſe caſſent ou s'étendent plus difficilement ſous les coups du pilon, & donnent un peu de poudre noire, mais moins noire que la première.

Ayant recueilli cette poudre noire & les grains les plus magnétiques que l'aimant avoit attirés les premiers, j'ai reconnu que le tout étoit du vrai fer, mais dans un état différent du fer ordinaire. Celui-ci réduit en poudre & en limaille, ſe charge de l'humidité & ſe rouille aiſément; à meſure que la rouille le gagne, il devient moins magnétique & finit abſolument par perdre cette qualité magnétique lorſqu'il eſt entièrement & intimément rouillé: au lieu que cette poudre de fer, ou ſi l'on veut ce ſablon ferrugineux qui ſe trouve dans la platine, eſt au contraire *inacceſſible* à la rouille quelque long-temps qu'il ſoit expoſé à l'humidité; il eſt auſſi plus *infuſible* & beaucoup moins diſſoluble que le fer ordinaire, mais ce n'en eſt pas moins du fer qui ne m'a paru différer du fer connu que par une plus grande pureté. Ce ſablon eſt en effet du fer abſolument dépouillé de toutes les parties combuſtibles, ſalines & terreuſes qui ſe trouvent dans le fer ordinaire & même dans l'acier; il paroît enduit & recouvert d'un vernis vitreux

qui le défend de toute altération. Et ce qu'il y a de très-remarquable, c'est que ce sablon de fer pur n'appartient pas exclusivement à beaucoup près à la mine de platine; j'en ai trouvé, quoique toujours en petite quantité, dans plusieurs endroits où l'on a fouillé les mines de fer qui se consomment à mes forges. Comme je suis dans l'usage de soumettre à plusieurs épreuves toutes les mines que je fais exploiter avant de me déterminer à les faire travailler en grand pour l'usage de mes fourneaux; je fus assez surpris de voir que dans quelques-unes de ces mines, qui toutes sont en grains, & dont aucune n'est attirable par l'aimant, il se trouvoit néanmoins des particules de fer un peu arrondies & luisantes comme de la limaille de fer, & tout-à-fait semblables au sablon ferrugineux de la platine, elles sont tout aussi magnétiques, tout aussi peu fusibles, tout aussi difficilement dissolubles; tel fut le résultat de la comparaison que je fis du sablon de la platine, & de ce sablon trouvé dans deux de mes mines de fer à trois pieds de profondeur, dans des terrains où l'eau pénètre assez facilement: j'avois peine à concevoir d'où pouvoient provenir ces particules de fer; comment elles avoient pu se défendre de la rouille depuis des siècles qu'elles sont exposées à l'humidité de la terre, enfin comment ce fer très-magnétique pouvoit avoir été produit dans des veines de mines qui ne le sont point du tout. J'ai appelé l'expérience à mon secours, & je me suis assez éclairé sur tous ces points pour être satisfait. Je savois, par un grand nombre d'observations, qu'aucune de nos mines de fer

en grains n'eſt attirable par l'aimant; j'étois bien perſuadé, comme je le ſuis encore, que toutes les mines de fer qui ſont magnétiques, n'ont acquis cette propriété que par l'action du feu; que les mines du nord qui ſont aſſez magnétiques pour qu'on les cherche avec la bouſſole, doivent leur origine à l'élément du feu, tandis que toutes nos mines en grains qui ne ſont point du tout magnétiques, n'ont jamais ſubi l'action du feu, & n'ont été formées que par le moyen ou l'intermède de l'eau. Je penſai donc que ce ſablon ferrugineux & magnétique que je trouvois en petite quantité dans mes mines de fer, devoit ſon origine au feu; & ayant examiné le local, je me confirmai dans cette idée. Le terrain où ſe trouve ce ſablon magnétique eſt en bois, de temps immémorial, on y a fait très-anciennement, & on y fait tous les jours des fourneaux de charbon; il eſt auſſi plus que probable qu'il y a eu dans ces bois des incendies conſidérables. Le charbon & le bois brûlé, ſur-tout en grande quantité, produiſent du mâchefer, & ce mâchefer renferme la partie la plus fixe du fer que contiennent les végétaux; c'eſt ce fer fixe qui forme le ſablon dont il eſt queſtion lorſque le mâchefer *ſe décompoſe par* l'action de l'air, du ſoleil & des pluies: car alors ces particules de fer pur qui ne ſont point ſujettes à la rouille ni à aucune autre eſpèce d'altération, ſe laiſſent entraîner par l'eau & pénètrent dans la terre avec elle à quelques pieds de profondeur. On pourra vérifier ce que j'avance ici, en faiſant broyer du mâchefer bien brûlé, on y trouvera toujours une petite

quantité de ce fer pur, qui ayant résisté à l'action du feu, résiste également à celle des dissolvans, & ne donne point de prise à la rouille *(d)*.

M'étant satisfait sur ce point, & après avoir comparé le sablon tiré de mes mines de fer & du mâchefer avec celui de la platine assez pour ne pouvoir douter de leur identité, je ne fus pas long-temps à penser, vu la pesanteur spécifique de la platine, que si ce sablon de fer pur, provenant de la décomposition du mâchefer, au lieu d'être dans une mine de fer, se trouvoit dans le voisinage d'une mine d'or, il auroit, en s'unissant à ce dernier métal, formé un alliage qui seroit absolument de la même nature que la platine. On sait que l'or & le fer ont un grand degré d'affinité; on sait que la plupart des mines de fer

(d) J'ai reconnu dans le cabinet d'Histoire Naturelle, des sablons ferrugineux de même espèce que celui de mes mines, qui m'ont été envoyés de différens endroits & qui sont également magnétiques. On en trouve à Quimper en Bretagne, en Danemarck, en Sibérie, à Saint-Domingue, & les ayant tous comparés, j'ai vu que le sablon ferrugineux de Quimper étoit celui qui ressembloit le plus au mien, & qu'il n'en différoit que par un peu plus de pesanteur spécifique. Celui de Saint-Domingue est plus léger, celui de Danemarck est moins pur & plus mélangé de terre, & celui de Sibérie est en masse & en morceaux gros comme le pouce, solides, pesans, & que l'aimant soulève à peu-près comme si c'étoit une masse de fer pur. On peut donc présumer que ces sablons magnétiques provenans du mâchefer, se trouvent aussi communément que le mâchefer même, mais seulement en bien plus petite quantité. Il est rare qu'on en trouve des amas un peu considérables, & c'est par cette raison qu'ils ont échappé, pour la plupart, aux recherches des Minéralogistes.

contiennent une petite quantité d'or; on fait donner à l'or la teinture, la couleur & même l'aigre du fer en les faifant fondre enfemble; on emploie cet or couleur de fer fur différens bijoux d'or, pour en varier les couleurs; & cet or mêlé de fer eft plus ou moins gris, & plus ou moins aigre, fuivant la quantité de fer qui entre dans le mélange. J'en ai vu d'une teinte abfolument femblable à la couleur de la platine. Ayant demandé à un Orfévre *quelle* étoit la proportion de l'or & du fer dans ce mélange qui étoit de la couleur de la platine, il me dit que l'or de 24 karats n'étoit plus qu'à 18 karats, & qu'il y entroit un quart de fer. On verra que c'eft à peu-près la proportion qui fe trouve dans la platine *naturelle*, fi l'on en juge par la pefanteur fpécifique. Cet or mêlé de fer eft plus dur, plus aigre & fpécifiquement moins pefant que l'or pur; toutes ces convenances, toutes ces qualités communes avec la platine, m'ont perfuadé que ce prétendu métal n'eft dans le vrai, qu'un alliage d'or & de fer, & non pas une fubftance particulière, un métal nouveau, parfait & différent de tous les autres métaux, comme les Chimiftes l'ont avancé.

On peut d'ailleurs fe rappeler que l'alliage aigrit tous les métaux, & que quand il y a pénétration, c'eft-à-dire, augmentation dans la pefanteur fpécifique, l'alliage en eft d'autant plus aigre que la pénétration eft plus grande, & le mélange devenu plus intime, comme on le reconnoît dans l'alliage appelé *métal des cloches*, quoiqu'il foit compofé de deux métaux très-ductiles. Or, rien n'eft plus aigre ni

plus peſant que la platine ; cela ſeul auroit dû faire ſoupçonner que ce n'eſt qu'un alliage fait par la Nature, un mélange de fer & d'or, qui doit ſa peſanteur ſpécifique en partie à ce dernier métal, & peut-être auſſi en grande partie à la pénétration des deux matières dont il eſt composé.

Néanmoins cette peſanteur ſpécifique de la platine n'eſt pas auſſi grande que nos Chimiſtes l'ont publié. Comme cette matière traitée ſeule & ſans addition de fondans eſt très-difficile à réduire en maſſe, qu'on n'en peut obtenir au feu du miroir brûlant que de très-petites maſſes, & que les expériences hydroſtatiques faites ſur des petits volumes, ſont ſi défectueuſes qu'on n'en peut rien conclure ; il me paroît qu'on s'eſt trompé ſur l'eſtimation de la peſanteur ſpécifique de ce minéral. J'ai mis de la poudre d'or dans un petit tuyau de plume que j'ai peſé très-exactement, j'ai mis dans le même tuyau un égal volume de platine, il peſoit près d'un dixième de moins, mais cette poudre d'or étoit beaucoup trop fine en comparaiſon de la platine. M. Tillet, qui joint à une connoiſſance approfondie des métaux, le talent rare de faire des expériences avec la plus grande préciſion, a bien voulu répéter à ma prière, celle de la peſanteur ſpécifique de la platine comparée à l'or pur. Pour cela, il s'eſt ſervi comme moi d'un tuyau de plume, & il a fait couper à la ciſaille de l'or à 24 karats, réduit autant qu'il étoit poſſible à la groſſeur des grains de la platine, & il a trouvé, par huit expériences, que la peſanteur de la platine

différoit de celle de l'or pur d'un quinzième à très-peu près; mais nous avons obſervé tous deux, que les grains d'or coupés à la ciſaille avoient les angles beaucoup plus vifs que la platine; celle-ci vûe à la loupe, eſt à peu-près de la forme des galets roulés par l'eau, tous les angles ſont émouſſés, elle eſt même douce au toucher, au lieu que les grains de cet or coupés à la ciſaille, avoient des angles vifs & des pointes tranchantes, en ſorte qu'ils ne pouvoient pas s'ajuſter ni s'entaſſer les uns ſur les autres auſſi aiſément que ceux de la platine; tandis qu'au contraire la poudre d'or dont je me ſuis ſervi, étoit de l'or en paillettes, telles que les Arpailleurs les trouvent dans le ſable des rivières. Ces paillettes s'ajuſtent beaucoup mieux les unes contre les autres; j'ai trouvé environ un dixième de différence entre le poids ſpécifique de ces paillettes & celui de la platine; néanmoins ces paillettes ne ſont pas ordinairement d'or pur, il s'en faut ſouvent plus de deux ou trois karats, ce qui en doit diminuer en même rapport la peſanteur ſpécifique; ainſi tout bien conſidéré & comparé, nous avons cru qu'on pouvoit maintenir le réſultat de mes expériences, & aſſurer que la platine en grains & telle que la Nature la produit, eſt au moins d'un onzième ou d'un douzième moins peſante que l'or. Il y a toute apparence que cette erreur de fait ſur la denſité de la platine, vient de ce qu'on ne l'aura pas peſée dans ſon état de nature, mais ſeulement après l'avoir réduite en maſſe: & comme cette fuſion ne peut ſe faire que par l'addition d'autres matières & à un feu très-violent, ce n'eſt plus de la platine

pure, mais un composé dans lequel sont entrées des matières fondantes, & duquel le feu a enlevé les parties les plus légères.

Ainsi la platine au lieu d'être d'une densité égale ou presqu'égale à celle de l'or pur, comme l'ont avancé les Auteurs qui en ont écrit, n'est que d'une densité moyenne entre celle de l'or & celle du fer, & seulement plus voisine de celle de ce premier métal que de celle du dernier. Supposant donc que le pied cube d'or pèse treize cents vingt-six livres, & celui du fer pur cinq cents quatre-vingts livres, celui de la platine en grains se trouvera peser environ onze cents quatre-vingt-quatorze livres, ce qui supposeroit plus des trois quarts d'or sur un quart de fer dans cet alliage, s'il n'y a pas de pénétration; mais comme on en tire six septièmes à l'aimant, on pourroit croire que le fer y est en quantité de plus d'un quart, d'autant plus qu'en s'obstinant à cette expérience, je suis persuadé qu'on viendroit à bout d'enlever avec un fort aimant, toute la platine jusqu'au dernier grain. Néanmoins on n'en doit pas conclure que le fer y soit contenu en si grande quantité; car lorsqu'on le mêle par la fonte avec l'or, la masse qui résulte de cet alliage est attirable par l'aimant, quoique le fer n'y soit qu'en petite quantité: j'ai vu entre les mains de M. Baumé, un bouton de cet alliage pesant soixante-six grains, dans lequel il n'étoit entré que six grains, c'est-à-dire un onzième de fer, & ce bouton se laissoit enlever aisément par un bon aimant. Dès-lors la platine pourroit bien ne contenir qu'un onzième de fer

sur

ſur dix onzièmes d'or, & donner néanmoins tous les mêmes phénomènes, c'eſt-à-dire, être attirée en entier par l'aimant; & cela s'accorderoit parfaitement avec la peſanteur ſpécifique qui eſt d'un dixième ou d'un douzième moindre que celle de l'or.

Mais ce qui me fait préſumer que la platine contient plus d'un onzième de fer ſur dix onzièmes d'or, c'eſt que l'alliage qui réſulte de cette proportion, eſt encore couleur d'or & beaucoup plus jaune que ne l'eſt la platine la plus colorée, & qu'il faut un quart de fer ſur trois quarts d'or pour que l'alliage ait préciſément la couleur naturelle de la platine. Je ſuis donc très-porté à croire qu'il pourroit bien y avoir cette quantité d'un quart de fer dans la platine. Nous nous ſommes aſſurés, M. Tillet & moi, par pluſieurs expériences, que le ſablon de ce fer pur que contient la platine, eſt plus peſant que la limaille de fer ordinaire; ainſi cette cauſe ajoutée à l'effet de la pénétration, ſuffit pour rendre raiſon de cette grande quantité de fer contenue ſous le petit volume indiqué par la peſanteur ſpécifique de la platine.

Au reſte, il eſt très-poſſible que je me trompe dans quelques-unes des conſéquences que j'ai cru devoir tirer de mes obſervations ſur cette ſubſtance métallique; je n'ai pas été à portée d'en faire un examen auſſi approfondi que j'aurois voulu; ce que j'en dis, n'eſt que ce que j'ai vu, & pourra peut-être ſervir à faire voir mieux.

PREMIÈRE ADDITION.

COMME j'étois ſur le point de livrer ces feuilles à l'impreſſion, le haſard fit que je parlai de mes idées ſur la platine, à M. le comte de Milly qui a beaucoup de connoiſſances en Phyſique & en Chimie, il me répondit qu'il penſoit à peu-près comme moi ſur la nature de ce minéral, je lui donnai le Mémoire ci-deſſus pour l'examiner, & deux jours après il eut la bonté de m'envoyer les obſervations ſuivantes, que je crois auſſi bonnes que les miennes, & qu'il m'a permis de publier enſemble.

« J'ai peſé exactement trente-ſix grains de platine, je » l'ai étendue ſur une feuille de papier blanc, pour pouvoir » mieux l'obſerver avec une bonne loupe, j'y ai aperçu » ou j'ai cru y apercevoir très-diſtinctement, trois ſubſ- » tances différentes; la première avoit le brillant métallique, » elle étoit la plus abondante; la ſeconde vitriforme, tirant » ſur le noir, reſſemble aſſez à une matière métallique fer- » rugineuſe qui auroit ſubi un degré de feu conſidérable, » telles que des ſcories de fer, appelées vulgairement » *mâchefer;* la troiſième, moins abondante que les deux pre- » mières, eſt du ſable de toutes couleurs où cependant le » jaune, couleur de topaſe, domine; chaque grain de ſable » conſidéré à part, offre à la vue des criſtaux réguliers de » différentes couleurs; j'en ai remarqué de criſtalliſés en » aiguilles hexagones, ſe terminant en pyramide comme le » criſtal-de-roche, & il m'a ſemblé que ce ſable n'étoit

qu'un *detritus* de criſtaux-de-roche ou de quartz de dif- «
férentes couleurs. «

Je formai le projet de ſéparer, le plus exactement poſ- «
ſible, ces différentes ſubſtances par le moyen de l'aimant, «
& de mettre à part la partie la plus attirable à l'aimant, «
d'avec celle qui l'étoit moins, & enfin de celle qui ne «
l'étoit pas du tout; enſuite d'examiner chaque ſubſtance «
en particulier & de les ſoumettre à différentes épreuves «
chimiques & mécaniques. «

Je mis à part les parties de la platine qui furent at- «
tirées avec vivacité à la diſtance de deux ou trois lignes, «
c'eſt-à-dire, ſans le contact de l'aimant, & je me ſervis «
pour cette expérience, d'un bon aimant factice de M. «
l'Abbé . . . .; enſuite je touchai avec ce même aimant le «
métal, & j'en enlevai tout ce qui voulut céder à l'effort «
magnétique, que je mis à part; je peſai ce qui étoit reſté «
& qui n'étoit preſque plus attirable; cette matière non atti- «
rable, & que je nommerai *n.° 4,* peſoit vingt-trois grains; «
n.° 1.er qui étoit le plus ſenſible à l'aimant, peſoit quatre «
grains; *n.° 2,* peſoit de même quatre grains; & *n.° 3,* «
cinq grains. «

N.° 1.er examiné à la loupe, n'offroit à la vue qu'un «
mélange de parties métalliques, d'un blanc ſale tirant ſur «
le gris, aplaties & arrondies en forme de galets & de «
ſable noir vitriforme, reſſemblant à du mâchefer pilé, «
dans lequel on aperçoit des parties très-rouillées, enfin «
telles que les ſcories de fer en préſentent lorſqu'elles ont «
été expoſées à l'humidité. «

» *N.° 2* préſentoit à peu-près la même choſe, à l'ex-
» ception que les parties métalliques dominoient, & qu'il
» n'y en avoit que très-peu de rouillées.

» *N.° 3* étoit la même choſe, mais les parties métalliques
» étoient plus volumineuſes, elles reſſembloient à du métal
» fondu, & qui a été jeté dans l'eau pour le diviſer en
» grenailles, elles ſont aplaties, elles affectent toutes ſortes
» de figures, mais arrondies ſur les bords, à la manière des
» galets qui ont été roulés & polis par les eaux.

» *N.° 4* qui n'avoit point été enlevé par l'aimant, mais
» dont quelques parties donnoient encore des marques de
» ſenſibilité au magnétiſme, lorſqu'on paſſoit l'aimant ſous
» le papier où elles étoient étendues, étoit un mélange de
» ſable, de parties métalliques & de vrai mâchefer friable
» ſous les doigts, qui noirciſſoit à la manière du mâchefer
» ordinaire. Le ſable ſembloit être compoſé de petits
» criſtaux de topaſe, de cornaline & de criſtal-de-roche;
» j'en écraſai quelques criſtaux ſur un tas d'acier, & la
» poudre qui en réſulta étoit comme du vernis réduit en
» poudre; je fis la même choſe au mâchefer, il s'écraſa
» avec la plus grande facilité, & il m'offrit une poudre
» noire ferrugineuſe qui noirciſſoit le papier comme le
» mâchefer ordinaire.

» Les parties métalliques de ce dernier *(n.° 4)*, me paru-
» rent plus ductiles ſous le marteau que celles du *n.° 1.er*,
» ce qui me fit croire qu'elles contenoient moins de fer
» que les premières; d'où il s'enſuit que la platine pourroit
» fort bien n'être qu'un mélange de fer & d'or fait par la

Nature, ou peut-être de la main des hommes, comme « je le dirai par la suite. «

Je tâcherai d'examiner, par tous les moyens qui me « seront possibles, la nature de la platine, si je peux en « avoir à ma disposition en suffisante quantité; en attendant, « voici les expériences que j'ai faites. «

Pour m'assurer de la présence du fer dans la platine « par des moyens chimiques, je pris les deux extrêmes, « c'est-à-dire, *n.° 1.er* qui étoit très-attirable à l'aimant, & « *n.° 4* qui ne l'étoit pas, je les arrosai avec de l'esprit-de- « nitre un peu fumant, j'observai avec la loupe ce qui en « résulteroit, mais je n'y aperçus aucun mouvement d'effer- « vescence; j'y ajoutai de l'eau distillée, & il ne se fit encore « aucun mouvement, mais les parties métalliques se déca- « pèrent, & elles prirent un nouveau brillant semblable à « celui de l'argent; j'ai laissé ce mélange tranquille pendant « cinq ou six minutes, & ayant encore ajouté de l'eau, j'y « laissai tomber quelques gouttes de la liqueur alkaline saturée « de la matière colorante du bleu de Prusse, & sur le champ « le *n.° 1.er* me donna un très-beau bleu de Prusse. «

Le *n.° 4* ayant été traité de même, & quoiqu'il se fût « refusé à l'action de l'aimant & à celle de l'esprit-de-nitre, « me donna de même que le *n.° 1.er*, du très-beau bleu « de Prusse. «

Il y a deux choses fort singulières à remarquer dans ces « expériences, 1.° il passe pour constant parmi les Chimistes « qui ont traité de la platine, que l'eau-forte ou l'esprit-de- «

» nitre n'a aucune action ſur elle ; cependant, comme on » vient de le voir, il s'en diſſout aſſez, quoique ſans effer» veſcence, pour donner du bleu de Pruſſe lorſqu'on y » ajoute de la liqueur alkaline phlogiſtiquée & ſaturée de » la matière colorante, qui, comme on ſait, précipite le » fer en bleu de Pruſſe.

» 2.° La platine qui n'eſt pas ſenſible à l'aimant, n'en » contient pas moins du fer, puiſque l'eſprit-de-nitre en » diſſout aſſez, ſans occaſionner d'effervefcence, pour » former du bleu de Pruſſe.

» D'où il s'enſuit que cette ſubſtance que les Chimiſtes » modernes, peut-être trop avides du merveilleux & de » vouloir donner du nouveau, regardent comme un *huitième* » *métal* pourroit bien n'être, comme je l'ai dit, qu'un » mélange d'or & de fer.

» Il reſte ſans doute bien des expériences à faire pour » pouvoir déterminer comment ce mélange a pu avoir lieu, » ſi c'eſt l'ouvrage de la Nature & comment ; ou ſi c'eſt le » produit de quelque volcan, ou ſimplement le produit des » travaux que les Eſpagnols ont faits dans le nouveau monde » pour retirer l'or des mines du Pérou ; je ferai mention » par la ſuite de mes conjectures là-deſſus.

» Si l'on frotte de la platine naturelle ſur un linge » blanc, elle le noircit comme pourroit le faire le mâchefer » ordinaire, ce qui m'a fait ſoupçonner que ce ſont les » parties de fer réduit en mâchefer qui ſe trouvent dans » la platine qui donnent cette couleur, & qui ne ſont

dans cet état que pour avoir éprouvé l'action d'un feu « violent. D'ailleurs ayant examiné une seconde fois de « la platine avec ma loupe, j'y aperçus différens globules « de mercure coulant, ce qui me fit imaginer que la platine « pourroit bien être un produit de la main des hommes, « & voici comment. «

La platine, à ce qu'on m'a dit, se tire des mines les plus « anciennes du Pérou, que les Espagnols ont exploitées « après la conquête du nouveau monde : dans ces temps « reculés on ne connoissoit guère que deux manières d'ex- « traire l'or des sables qui le contenoient; 1.° par l'amalgame « du mercure, 2.° par le départ à sec : on trituroit le sable « aurifère avec du mercure, & lorsqu'on jugeoit qu'il s'étoit « chargé de la plus grande partie de l'or, on rejetoit le « sable, qu'on nommoit *crasse,* comme inutile & de nulle « valeur. «

Le départ à sec se faisoit avec aussi peu d'intelligence; « pour y vaquer, on commençoit par minéraliser les métaux « aurifères par le moyen du soufre qui n'a point d'action « sur l'or, dont la pesanteur spécifique est plus grande que « celle des autres métaux; mais pour faciliter sa précipita- « tion on ajoute du fer en limaille qui s'empare du soufre « surabondant, méthode qu'on suit encore aujourd'hui *(e).* « La force du feu vitrifie une partie du fer, l'autre se combine « avec une petite portion d'or & même d'argent qui se mêle «

(e) Voyez les Élémens docimastiques de Cramer; l'Art de traiter les mines, par Schulter, Schindeler, &c.

» avec les ſcories, d'où on ne peut le retirer que par pluſieurs
» fontes, & ſans être bien inſtruit des intermèdes conve-
» nables que les Docimaſiſtes emploient. La Chimie qui
» s'eſt perfectionnée de nos jours, donne à la vérité les
» moyens de retirer cet or & cet argent en plus grande
» partie; mais dans le temps où les Eſpagnols exploitoient
» les mines du Pérou, ils ignoroient ſans doute l'art de
» traiter les mines avec le plus grand profit; & d'ailleurs ils
» avoient de ſi grandes richeſſes à leur diſpoſition, qu'ils
» négligeoient vraiſemblablement les moyens qui leur au-
» roient coûté de la peine, des ſoins & du temps; ainſi il
» y a apparence qu'ils ſe contentoient d'une première fonte,
» & jetoient les ſcories comme inutiles, ainſi que le ſable
» qui avoit paſſé par le mercure, peut-être même ne fai-
» ſoient-ils qu'un tas de ces deux mélanges, qu'ils regardoient
» comme de nulle valeur.

» Ces ſcories contenoient encore de l'or, beaucoup de
» fer ſous différens états, & cela en des proportions diffé-
» rentes qui nous ſont inconnues, mais qui ſont telles peut-
» être qu'elles peuvent avoir donné l'exiſtence à la platine.
» Les globules de mercure que j'ai obſervés, & les paillettes
» d'or que j'ai vues diſtinctement, à l'aide d'une bonne loupe,
» dans la platine que j'ai eue entre les mains, m'ont fait
» naître les idées que je viens d'écrire ſur l'origine de ce
» métal; mais je ne les donne que comme des conjectures
» haſardées; il faudroit pour en acquérir quelque certitude,
» ſavoir au juſte où ſont ſituées les mines de la platine; ſi
» elles ont été exploitées anciennement, ſi on la tire d'un
terrain

terrain neuf, ou si ce ne sont que des décombres, à quelle « profondeur on la trouve, & enfin si la main des hommes « y est exprimée ou non. Tout cela pourroit aider à vérifier « ou à détruire les conjectures que j'ai avancées *(f)*. »

REMARQUES.

CES observations de M. le comte de Milly, confirment les miennes dans presque tous les points. La Nature *est une, & se présente toujours la même à ceux qui la savent observer*; ainsi l'on ne doit pas être surpris que sans aucune communication M. de Milly ait vu les mêmes choses que moi, & qu'il en ait tiré la même conséquence, que la platine n'est point un nouveau métal, différent de tous les autres métaux, mais un *mélange de fer & d'or*. Pour concilier encore de plus près ses observations avec les miennes, & pour éclaircir en même temps les doutes qui restent en grand nombre sur l'origine & sur la formation de la platine, j'ai cru devoir ajouter les remarques suivantes.

1.° M. le comte de Milly distingue dans la platine trois espèces de matières : savoir, deux métalliques, & la troisième non métallique, de substance & de forme quartzeuse ou

(f) M. le baron de Sickingen, Ministre de l'Électeur Palatin, a dit à M. de Milly, avoir actuellement *entre* les mains deux Mémoires qui lui ont été remis par M. Kellner, Chimiste & Métallurgiste, attaché à M. le Prince de Birckenfeld, à Manheim, qui offre à la cour d'Espagne, de rendre à peu-près autant d'or pesant qu'on lui livrera de platine.

criſtalline ; il a obſervé comme moi, que des deux matières métalliques, l'une eſt très-attirable par l'aimant, & que l'autre l'eſt très-peu ou point du tout. J'ai fait mention de ces deux matières comme lui, mais je n'ai pas parlé de la troiſième qui n'eſt pas métallique, parce qu'il n'y en avoit point ou très-peu dans la platine ſur laquelle j'ai fait mes obſervations. Il y a apparence que la platine dont s'eſt ſervi M. de Milly, étoit moins pure que la mienne que j'ai obſervée avec ſoin, & dans laquelle je n'ai vu que quelques petits globules tranſparens comme du verre blanc fondu, qui étoient unis à des particules de platine ou de ſablon ferrugineux, & qui ſe laiſſoient enlever enſemble par l'aimant. Ces globules tranſparens étoient en très-petit nombre, & dans huit onces de platine que j'ai bien regardée & fait regarder à d'autres avec une loupe très-forte, on n'a point aperçu de criſtaux réguliers. Il m'a paru au contraire que toutes les particules tranſparentes étoient globuleuſes comme du verre fondu, & toutes attachées à des parties métalliques, comme le laitier s'attache au fer lorſqu'on le fond. Néanmoins comme je ne doutois point du tout de la vérité de l'obſervation de M. de Milly, qui avoit vu dans ſa platine des particules quartzeuſes & criſtallines, de forme régulière & en grand nombre ; j'ai cru ne devoir pas me borner à l'examen de la ſeule platine dont j'ai parlé ci-devant : j'en ai trouvé au Cabinet du Roi que j'ai examinée avec M. Daubenton de l'Académie des Sciences, & qui nous a paru à tous deux bien moins pure que la première, &

nous avons en effet remarqué un grand nombre de petits cristaux prismatiques & transparens, les uns couleur de rubis-balai, d'autres couleur de topase, & d'autres enfin parfaitement blancs; ainsi M. le comte de Milly ne s'étoit point trompé dans son observation; mais ceci prouve seulement qu'il y a des mines de platine bien plus pures les unes que les autres, & que dans celles qui le sont le plus, il ne se trouve point de ces corps étrangers. M. Daubenton a aussi remarqué quelques grains aplatis par-dessous & renflés par-dessus, comme seroit une goutte de métal fondu qui se seroit refroidie sur un plan. J'ai vu très-distinctement un de ces grains hémisphériques, & cela pourroit indiquer que la platine est une matière qui a été fondue par le feu; mais il est bien singulier que dans cette matière fondue par le feu, on trouve des petits cristaux, des topases & des rubis, & je ne sais si l'on ne doit pas soupçonner de la fraude de la part de ceux qui ont fourni cette platine, & qui, pour en augmenter la quantité, auront pu la mêler avec ces sables cristallins, car je le répète, je n'ai point trouvé de ces cristaux dans plus d'une demi-livre de platine que m'a donnée M. le comte d'Angivillers.

2.° J'ai trouvé, comme M. de Milly, des paillettes d'or dans la platine, elles sont aisées à reconnoître par leur couleur, & parce qu'elles ne sont point du tout magnétiques; mais j'avoue que je n'ai pas aperçu les globules de mercure qu'a vus M. de Milly. Je ne veux pas pour cela nier leur existence; seulement il me semble que

les paillettes d'or ſe trouvant avec ces globules de mercure dans la même matière; elles ſeroient bientôt amalgamées, & ne conſerveroient pas la couleur jaune de l'or que j'ai remarquée dans toutes les paillettes d'or que j'ai pu trouver dans une demi-livre de platine *(g)*. D'ailleurs les globules tranſparens, dont je viens de parler, reſſemblent beaucoup à des globules de mercure vif & brillant, en ſorte qu'au premier coup d'œil il eſt aiſé de s'y tromper.

3.° Il y avoit beaucoup moins de parties ternes & rouillées dans ma première platine que dans celle de M. de Milly, & ce n'eſt pas proprement de la rouille qui couvre la ſurface de ces particules ferrugineuſes, mais une ſubſtance noire, produite par le feu, & tout-à-fait ſemblable à celle qui couvre la ſurface du fer brûlé: mais ma ſeconde platine, c'eſt-à-dire, celle que j'ai priſe au Cabinet du Roi, avoit encore de commun avec celle de M. le comte de Milly, d'être mélangée de quelques parties ferrugineuſes, qui, ſous le marteau, ſe réduiſoient en pouſſière jaune & avoient tous les caractères de la rouille. Ainſi cette platine du Cabinet du Roi, & celle de M. de Milly, ſe reſſemblant à tous égards, il eſt vraiſemblable qu'elles ſont venues du même endroit & par la même voie; je ſoupçonne même que toutes deux ont été

(g) J'ai trouvé depuis dans d'autre platine des paillettes d'or qui n'étoient pas jaunes, mais brunes & même noires comme le ſablon ferrugineux de la platine, qui probablement leur avoit donné cette couleur noirâtre.

ſophiſtiquées & mélangées de près de moitié, avec des matières étrangères criſtallines & ferrugineuſes rouillées, qui ne ſe trouvent pas dans la platine naturelle.

4.° La production du bleu de Pruſſe par la platine, me paroît prouver évidemment la préſence du fer dans la partie même de ce minéral qui eſt la moins attirable à l'aimant, & confirmer en même temps ce que j'ai avancé du mélange intime du fer dans ſa ſubſtance. Le décapement de la platine par l'eſprit de nitre, prouve que quoiqu'il n'y ait point d'effervescence ſenſible, cet acide ne laiſſe pas d'agir ſur la platine d'une manière évidente, & que les Auteurs qui ont aſſuré le contraire, ont ſuivi leur routine ordinaire, qui conſiſte à regarder comme nulle toute action qui ne produit pas l'effervescence. Ces deux expériences de M. de Milly me paroiſſent très-importantes, elles ſeroient même déciſives ſi elles réuſſiſſoient toujours également.

5.° Il nous manque en effet beaucoup de connoiſſances qui ſeroient néceſſaires, pour pouvoir prononcer affirmativement ſur l'origine de la platine. Nous ne ſavons rien de l'hiſtoire naturelle de ce minéral, & nous ne pouvons trop exhorter ceux qui ſont à portée de l'examiner ſur les lieux, de nous faire part de leurs obſervations. En attendant, nous ſommes forcés de nous borner à des conjectures, dont quelques-unes me paroiſſent ſeulement plus vraiſemblables que les autres. Par exemple, je ne crois pas que la platine ſoit l'ouvrage des hommes; les Mexicains & les Péruviens ſavoient fondre & travailler l'or avant l'arrivée

des Eſpagnols, & ils ne connoiſſoient pas le fer, qu'il auroit néanmoins fallu employer dans le départ à ſec en grande quantité. Les Eſpagnols eux-mêmes n'ont point établi de fourneaux à fondre les mines de fer en cette contrée, dans les premiers temps qu'ils l'ont habitée; il y a donc toute apparence qu'ils ne ſe ſont pas ſervis de limaille de fer pour le départ de l'or, du moins dans les commencemens de leurs travaux, qui d'ailleurs ne remontent pas à deux ſiècles & demi, temps beaucoup trop court pour une production auſſi abondante que celle de la platine, qu'on ne laiſſe pas de trouver en aſſez grande quantité & dans pluſieurs endroits.

D'ailleurs lorſqu'on mêle de l'or avec du fer, en les faiſant fondre enſemble, on peut toujours, par les voies chimiques, les ſéparer & retirer l'or en entier; au lieu que juſqu'à préſent les Chimiſtes n'ont pu faire cette ſéparation dans la platine, ni déterminer la quantité d'or contenue dans ce minéral : cela ſemble prouver que l'or y eſt uni d'une manière plus intime que dans l'alliage ordinaire, & que le fer y eſt auſſi, comme je l'ai dit, dans un état différent de celui du fer commun. La platine ne me paroît donc pas être l'ouvrage de l'homme, mais le produit de la Nature, & je ſuis très-porté à croire qu'elle doit ſa première origine au feu des volcans. Le fer brûlé, autant qu'il eſt poſſible, intimément uni avec l'or par la ſublimation ou par la fuſion, peut avoir produit ce minéral, qui, d'abord ayant été formé par l'action du feu le plus violent, aura enſuite éprouvé les impreſſions de l'eau &

les frottemens réitérés qui lui ont donné la forme qu'ils donnent à tous les autres corps, c'eſt-à-dire, celle des galets & des angles émouſſés. Mais il ſe pourroit auſſi que l'eau ſeule eût produit la platine; car en ſuppoſant l'or & le fer tous deux diviſés autant qu'ils peuvent l'être par la voie humide, leurs molécules, en ſe réuniſſant, auront pu former les grains qui la compoſent, & qui depuis les plus peſans juſqu'aux plus légers, contiennent tous de l'or & du fer. La propoſition du Chimiſte qui offre de rendre à peu-près autant d'or qu'on lui fournira de platine, ſembleroit indiquer qu'il n'y a en effet qu'un onzième de fer ſur dix onzièmes d'or dans ce minéral ou peut-être encore moins; mais l'à-peu-près de ce Chimiſte, eſt probablement d'un cinquième ou d'un quart, & ce ſeroit toujours beaucoup ſi ſa promeſſe pouvoit ſe réaliſer à un quart près.

SECONDE ADDITION.

M'ÉTANT trouvé à Dijon, cet été 1773, l'Académie des Sciences & Belles-Lettres de cette ville, dont j'ai l'honneur d'être Membre, me parut deſirer d'entendre la lecture de mes obſervations ſur la platine; je m'y prêtai d'autant plus volontiers, que ſur une matière auſſi neuve on ne peut trop s'informer ni conſulter aſſez, & que j'avois lieu d'eſpérer de tirer quelques lumières d'une compagnie qui raſſemble beaucoup de perſonnes inſtruites en tous genres. M. de Morveau, Avocat général au Parlement de Bourgogne, auſſi ſavant Phyſicien que grand Juriſconſulte, prit la réſolution de travailler ſur la platine; je

lui donnai une portion de celle que j'avois attirée par l'aimant, & une autre portion de celle qui avoit paru insensible au magnétisme, en le priant d'exposer ce minéral singulier au plus grand feu qu'il lui seroit possible de faire, & quelque temps après il m'a remis les expériences suivantes, qu'il a trouvé bon de joindre ici avec les miennes.

EXPÉRIENCES *faites par M.* DE MORVEAU, *en Septembre 1773.*

« M. le comte de Buffon, dans un voyage qu'il a fait » à Dijon, cet été 1773, m'ayant fait remarquer dans un » demi-gros de platine, que M. Baumé m'avoit remis en » 1768, des grains en forme de boutons, d'autres plus plats, » & quelques-uns noirs & écailleux; & ayant séparé avec » l'aimant ceux qui étoient attirables de ceux qui ne don- » noient aucun signe sensible de magnétisme, j'ai essayé de » former le bleu de Prusse avec les uns & les autres. J'ai » versé de l'acide nitreux fumant sur les parties non-attirables » qui pesoient deux grains & demi; six heures après, j'ai » étendu l'acide par de l'eau distillée, & j'y ai versé de la » liqueur alkaline saturée de matière colorante, il n'y a » pas eu un atome de bleu, la platine avoit seulement un » coup d'œil plus brillant. J'ai pareillement versé de l'acide » fumant sur les 33 grains ½ de platine restante, dont partie » étoit attirable, la liqueur étendue après le même inter- » valle de-temps, le même alkali Prussien en a précipité une » fécule bleue qui couvroit le fond d'un vase assez large. La platine

platine après cette opération étoit bien décapée comme la «
première, je l'ai lavée & séchée, & j'ai vérifié qu'elle «
n'avoit perdu qu'un quart de grain ou $\frac{1}{138}$; l'ayant examinée «
en cet état, j'y ai aperçu un grain d'un beau jaune qui «
s'est trouvé une paillette d'or. «

M. de Fourcy avoit nouvellement publié que la disso- «
lution d'or étoit aussi précipitée en bleu par l'alkali Prussien, «
& avoit consigné ce fait dans une Table d'affinité; je fus «
tenté de répéter cette expérience, je versai en conséquence «
de la liqueur alkaline phlogistiquée dans de la dissolution «
d'or de départ, mais la couleur de cette dissolution ne «
changea pas, ce qui me fait soupçonner que la dissolution «
d'or employée par M. de Fourcy, pouvoit bien n'être «
pas aussi pure. «

Et dans le même temps, M. le comte de Buffon m'ayant «
donné une assez grande quantité d'autre platine pour en «
faire quelques essais, j'ai entrepris de la séparer de tous les «
corps étrangers par une bonne fonte; voici la manière «
dont j'ai procédé, & les résultats que j'ai eus. «

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

AYANT mis un gros de platine dans une petite cou- «
pelle, sous la mouffle du fourneau, donné par M. Macquer «
dans les Mémoires de l'Académie des Sciences, *année* «
1758, j'ai soutenu le feu pendant deux heures, la mouffle «
s'est affaissée, les supports avoient coulé; cependant la «
platine s'est trouvée seulement aglutinée, elle tenoit à la «
coupelle & y avoit laissé des taches couleur de rouille; la «

» platine étoit alors terne, même un peu noire, & n'avoit » pris qu'un quart de grain d'augmentation de poids, quantité » bien foible en comparaifon de celle que d'autres Chimiftes » ont obfervée; ce qui me furprit d'autant plus, que ce » gros de platine ainfi que toute celle que j'ai employée » aux autres expériences, avoit été enlevé fucceffivement » par l'aimant, & faifoit portion des fix feptièmes de 8 onces » dont M. de Buffon a parlé dans le Mémoire ci-deffus.

DEUXIÈME EXPÉRIENCE.

» UN demi-gros de la même platine, expofé au même » feu dans une coupelle, s'eft auffi aglutiné, elle étoit » adhérente à la coupelle, fur laquelle elle avoit laiffé des » taches de couleur de rouille; l'augmentation *de poids s'eft* » trouvée à peu-près dans la même proportion, & la furface » auffi noire.

TROISIÈME EXPÉRIENCE.

» J'AI remis ce même demi-gros dans une nouvelle cou- » pelle, mais au lieu de mouffle, j'ai renverfé fur le fupport » un creufet de plomb noir de Paffaw; j'avois eu l'attention » de n'employer pour fupport que des têts d'argile pure très- » réfractaire, par ce moyen je pouvois augmenter la violence » du feu & prolonger fa durée, fans craindre de voir couler » les vaiffeaux, ni obftruer l'argile par les fcories; cet ap- » pareil ainfi placé dans le fourneau, j'y ai entretenu pendant » quatre heures un feu de la dernière violence; lorfque tout » a été refroidi, j'ai trouvé le creufet bien confervé, foudé » au fupport; ayant brifé cette foudure vitreufe, j'ai reconnu

que rien n'avoit pénétré dans l'intérieur du creuset qui « paroissoit seulement plus luisant qu'il n'étoit auparavant. La « coupelle avoit conservé sa forme & sa position, elle étoit « un peu fendillée, mais pas assez pour se laisser pénétrer, « aussi le bouton de platine n'y étoit-il pas adhérent; ce « bouton n'étoit encore qu'aglutiné, mais d'une manière bien « plus serrée que la première fois, les grains étoient moins « saillans, la couleur en étoit plus claire, le brillant plus mé- « tallique; & ce qu'il y eut de plus remarquable, c'est qu'il « s'étoit élancé de sa surface, pendant l'opération, & proba- « blement dans les premiers instans du refroidissement, trois « jets de verre, dont l'un plus élevé, parfaitement sphérique « étoit porté sur un pédicule d'une ligne de hauteur, de la « même matière transparente & vitreuse; ce pédicule avoit à « peine un sixième de ligne, tandis que le globule avoit une « ligne de diamètre, d'une couleur uniforme, avec une légère « teinte de rouge, qui ne déroboit rien à sa transparence; des « deux autres jets de verre, le plus petit avoit un pédicule « comme le plus gros, & le moyen n'avoit point de pédicule, « & étoit seulement attaché à la platine par sa surface extérieure. «

QUATRIÈME EXPÉRIENCE.

J'AI essayé de coupeller la platine, & pour cela j'ai « mis dans une coupelle un gros des mêmes grains enlevés « par l'aimant, avec deux gros de plomb. Après avoir donné « un très-grand feu pendant deux heures, j'ai trouvé dans la « coupelle un bouton adhérent, couvert d'une croûte jau- « nâtre & un peu spongieuse, du poids de 2 gros 12 grains, «

» ce qui annonçoit que la platine avoit retenu 1 gros 12
» grains de plomb.

» J'ai remis ce bouton dans une autre coupelle au même
» fourneau, obſervant de le retourner, il n'a perdu que 12
» grains dans un feu de deux heures, ſa couleur & ſa forme
» avoient très-peu changé.

» Je lui ai appliqué enſuite le vent du ſoufflet après l'avoir
» placé dans une nouvelle coupelle couverte d'un creuſet
» de Paſſaw, dans la partie inférieure d'un fourneau de fuſion
» dont j'avois ôté la grille ; le bouton a pris alors un coup
» d'œil plus métallique, toujours un peu terne, & cette
» fois il a perdu 18 grains.

» Le même bouton ayant été remis dans le fourneau de
» M. Macquer, toujours placé dans une coupelle couverte
» d'un creuſet de Paſſaw, je ſoutins le feu pendant trois
» heures, après leſquelles je fus obligé de l'arrêter, parce
» que les briques qui ſervoient de ſupport, avoient entiè-
» rement coulé ; le bouton étoit devenu de plus en plus
» métallique, il adhéroit pourtant à la coupelle, il avoit
» perdu cette fois 34 grains. Je le jetai dans l'acide nitreux
» fumant pour eſſayer de le décaper, il y eut un peu d'effer-
» veſcence lorſque j'ajoutai de l'eau diſtillée, le bouton y
» perdit effectivement deux grains, & j'y remarquai quelques
» petits trous, comme ceux que laiſſe le départ.

» Il ne reſtoit plus que 22 grains de plomb alliés à la
» platine, à en juger par l'excédant de ſon poids ; je com-
» mençai à eſpérer de vitrifier cette dernière portion de
» plomb, & pour cela je mis ce bouton dans une coupelle

neuve, je disposai le tout comme dans la troisième expé- «
rience, je me servis du même fourneau, en observant de «
dégager continuellement la grille, d'entretenir au-devant «
dans le courant d'air qu'il attiroit, une évaporation conti- «
nuelle par le moyen d'une capsule que je remplissois d'eau «
de temps en temps, & de laisser un moment la chape «
entr'ouverte lorsqu'on venoit de remplir le fourneau de «
charbon; ces précautions augmentèrent tellement l'ac- «
tivité du feu, qu'il falloit recharger de dix minutes en dix «
minutes, je le soutins au même degré pendant quatre «
heures & je laissai refroidir. «

Je reconnus le lendemain que le creuset de plomb noir «
avoit résisté, que les supports n'étoient que fayencés par «
les cendres; je trouvai dans la coupelle un bouton bien «
rassemblé, nullement adhérent, d'une couleur continue & «
uniforme, approchant plus de la couleur de l'étain que de «
tout autre métal, seulement un peu raboteux; en un mot, «
pesant un gros très-juste, rien de plus, rien de moins. «

Tout annonçoit donc que cette platine avoit éprouvé «
une fusion parfaite, qu'elle étoit parfaitement pure, car «
pour supposer qu'elle tenoit encore du plomb, il faudroit «
supposer aussi que ce minéral avoit justement perdu de sa «
propre substance autant qu'il avoit retenu de matière étran- «
gère; & une telle précision ne peut être l'effet d'un pur «
hasard. «

Je devois passer quelques jours avec M. le comte «
de Buffon, dont la société a, si je puis le dire, le même «
charme que son stile, dont la conversation est aussi pleine «

» que ses livres, je me fis un plaisir de lui porter les produits
» de ces essais, & je remis à les examiner ultérieurement
» avec lui.

» 1.° Nous avons observé que le gros de platine aglutinée
» de la première expérience n'étoit pas attiré en bloc par
» l'aimant, que cependant le barreau magnétique avoit une
» action marquée sur les grains que l'on en détachoit.

» 2.° Le demi-gros de la troisième expérience n'étoit
» non-seulement pas attirable en masse, mais les grains que
» l'on en séparoit ne donnoient plus eux-mêmes aucun
» signe de magnétisme.

» 3.° Le bouton de la quatrième expérience étoit aussi
» absolument insensible à l'approche de l'aimant, ce dont
» nous nous assurames, en mettant le bouton en équilibre
» dans une balance très-sensible, & lui présentant un très-
» fort aimant jusqu'au contact, sans que son approche ait le
» moindrement dérangé l'équilibre.

» 4.° La pesanteur spécifique de ce bouton fut déterminée
» par une bonne balance hydrostatique, & pour plus de
» sûreté, comparée à l'or de monnoie & au globe d'or très-
» pur, employé par M. de Buffon à ses belles expériences
» sur le progrès de la chaleur; leur densité se trouva avoir
» le rapports suivans, avec l'eau dans laquelle ils furent
» plongés.

» Le globe d'or. . . . . 19 $\frac{1}{34}$.
» L'or de monnoie. . . . . 17 $\frac{1}{2}$.
» Le bouton de platine. . . . . 14 $\frac{2}{5}$.

» 5.° Ce bouton fut porté sur un tas d'acier pour essayer

ſa ductilité, il ſoutint fort bien quelques coups de marteau, «
ſa ſurface devint plane & même un peu polie dans les «
endroits frappés, mais il ſe fendit bientôt après, & il s'en «
détacha une portion, faiſant à peu-près le ſixième de la «
totalité; la fracture préſenta pluſieurs cavités, dont quel- «
ques-unes d'environ une ligne de diamètre avoient la «
blancheur & le brillant de l'argent, on remarquoit dans «
d'autres de petites pointes élancées, comme les criſtalli- «
ſations dans les géodes; le ſommet de l'une de ces pointes «
vu à la loupe, étoit un globule abſolument ſemblable, «
pour la forme, à celui de la troiſième expérience & auſſi «
de matière vitreuſe tranſparente, autant que ſon extrême «
petiteſſe permettoit d'en juger. Au reſte, toutes les parties «
du bouton étoient compactes, bien liées, & le grain plus «
fin, plus ſerré que celui du meilleur acier après la plus «
forte trempe, auquel il reſſembloit d'ailleurs par la couleur. «

6.° Quelques portions de ce bouton, ainſi réduites en «
parcelles à coups de marteau ſur le tas d'acier, nous leur «
avons préſenté l'aimant, & aucune n'a été attirée; mais «
les ayant encore pulvériſées dans un mortier d'agate, nous «
avons remarqué que le barreau magnétique en enlevoit «
quelques-unes des plus petites toutes les fois qu'on le «
poſoit immédiatement deſſus. «

Cette nouvelle apparition du magnétiſme étoit d'autant «
plus ſurprenante, que les grains détachés de la maſſe «
aglutinée de la deuxième expérience, nous avoient paru «
avoir perdu eux-mêmes toute ſenſibilité à l'approche & «
au contact de l'aimant; nous reprimes en conſéquence, «

» quelques-uns de ces grains, ils furent de même réduits
» en poussière dans le mortier d'agate, & nous vimes bien-
» tôt les parties les plus petites, s'attacher sensiblement au
» barreau aimanté, il n'est pas possible d'attribuer cet effet
» au poli de la surface du barreau ni à aucune autre cause
» étrangère au magnétisme, un morceau de fer aussi poli,
» appliqué de la même manière sur les parties de cette
» platine, n'en a jamais pu enlever une *seule*.

» Par le récit exact de ces expériences & des observa-
» tions auxquelles elles ont donné lieu, on peut juger de
» la difficulté de déterminer la nature de la platine; il est
» bien certain que celle-ci contenoit quelques parties vitri-
» fiables, & vitrifiables même sans addition à un grand feu;
» il est bien sûr que toute platine contient du fer & des
» parties attirables; mais si l'alkali Prussien ne donnoit jamais
» du bleu qu'avec les grains que l'aimant a enlevé, il semble
» qu'on en pourroit conclure, que ceux qui lui résistent
» absolument sont de la platine pure, qui n'a par elle-même
» aucune vertu magnétique, & que le fer n'en fait pas partie
» essentielle. On devoit espérer qu'une fusion aussi avancée,
» une coupellation aussi parfaite décideroient au moins cette
» question, tout annonçoit qu'en effet ces opérations l'a-
» voient dépouillée de toute vertu magnétique en la séparant
» de tous corps étrangers, mais la dernière observation
» prouve, d'une manière invincible, que cette propriété
» magnétique n'y étoit réellement qu'affoiblie, & peut-être
» masquée ou ensévelie, puisqu'elle a reparu lorsqu'on l'a
broyée ».

REMARQUES.

REMARQUES.

De ces expériences de M. de Morveau, & des observations que nous avons ensuite faites ensemble, il résulte:

1.° Qu'on peut espérer de fondre la platine sans addition dans nos meilleurs fourneaux, en lui appliquant le feu plusieurs fois de suite, parce que les meilleurs creusets ne pourroient résister à l'action d'un feu aussi violent, pendant tout le temps qu'exigeroit l'opération complète.

2.° Qu'en la fondant avec le plomb, & la coupellant successivement & à plusieurs reprises, on vient à bout de vitrifier tout le plomb, & que cette opération pourroit à la fin la purger d'une partie des matières étrangères qu'elle contient.

3.° Qu'en la fondant sans addition, elle paroît se purger elle-même en partie des matières vitrescibles qu'elle renferme, puisqu'il s'élance à sa surface des petits jets de verre qui forment des masses assez considérables, & qu'on en peut séparer aisément après le refroidissement.

4.° Qu'en faisant l'expérience du bleu de Prusse avec les grains de platine qui paroissent les plus insensibles à l'aimant, on n'est pas toujours sûr d'obtenir de ce bleu, comme cela ne manque jamais d'arriver avec les grains qui ont plus ou moins de sensibilité au magnétisme; mais comme M. de Morveau a fait cette expérience sur une très-petite quantité de platine, il se propose de la répéter.

5.° Il paroît que ni la fusion ni la coupellation ne peuvent détruire dans la platine tout le fer dont elle est intimément pénétrée ; les boutons fondus ou coupellés, paroissoient à la vérité également insensibles à l'action de l'aimant, mais les ayant brisés dans un mortier d'agate & sur un tas d'acier, nous y avons retrouvé des parties magnétiques, d'autant plus abondantes que la platine étoit réduite en poudre plus fine : le premier bouton, dont les grains ne s'étoient qu'aglutinés, rendit étant broyé, beaucoup plus de parties magnétiques que le second & le troisième, dont les grains avoient subi une plus forte fusion, mais néanmoins tous deux étant broyés, fournirent des parties magnétiques, en sorte qu'on ne peut pas douter qu'il n'y ait encore du fer dans la platine, après qu'elle a subi les plus violens efforts du feu & l'action dévorante du plomb dans la coupelle ; ceci semble achever de démontrer que ce minéral est réellement un mélange intime d'or & de fer, que jusqu'à présent l'art n'a pu séparer.

6.° Je fis encore, avec M. de Morveau, une autre observation sur cette platine fondue & ensuite broyée, c'est qu'elle reprend, en se brisant, précisément la même forme des galets arrondis & aplatis qu'elle avoit avant d'être fondue; tous les grains de cette platine fondue & brisée sont semblables à ceux de la platine naturelle, tant pour la forme que pour la variété de grandeur, & ils ne paroissent en différer que parce qu'il n'y a que les plus petits qui se laissent enlever à l'aimant, & en quantité d'autant moindre, que la platine a subi plus de feu. Cela

paroît prouver aussi que quoique le feu ait été assez fort, non-seulement pour brûler & vitrifier, mais même pour chasser au-dehors une partie du fer avec les autres matières vitrescibles qu'elle contient, la fusion néanmoins n'est pas aussi complète que celle des autres métaux parfaits, puisqu'en la brisant les grains reprennent la même figure qu'ils avoient avant la fonte.

QUATRIÈME MÉMOIRE.

EXPÉRIENCES

Sur la ténacité & sur la décompoſition du Fer.

ON a vu dans le premier Mémoire, que le fer perd de ſa peſanteur à chaque fois qu'on le chauffe à un feu violent, & que des boulets chauffés trois fois juſqu'au blanc, ont perdu la douzième partie de leur poids; on ſeroit d'abord porté à croire, que cette perte ne doit être attribuée qu'à la diminution du volume du boulet, par les ſcories qui ſe détachent de la ſurface & tombent en petites écailles; mais ſi l'on fait attention que les petits boulets, dont par conſéquent la ſurface eſt plus grande, relativement au volume, que celle des gros, perdent moins, & que les gros boulets perdent proportionnellement plus que les petits; on ſentira bien que la perte totale de poids, ne doit pas être ſimplement attribuée à la chute des écailles qui ſe détachent de la ſurface, mais encore à une altération intérieure de toutes les parties de la maſſe que le feu violent diminue, & rend d'autant plus légère qu'il eſt appliqué plus ſouvent & plus long-temps *(a)*.

(a) Une expérience familière & qui ſemble prouver que le fer perd de ſa maſſe à meſure qu'on le chauffe, même à un feu très-médiocre, c'eſt que les fers à friſer lorſqu'on les a ſouvent trempés

Et en effet, ſi l'on recueille à chaque fois les écailles qui ſe détachent de la ſurface des boulets, on trouvera que ſur un boulet de 5 pouces qui, par exemple, aura perdu huit onces par une première chaude, il n'y aura pas une once de ces écailles détachées, & que tout le reſte de la perte de poids ne peut être attribué qu'à cette altération intérieure de la ſubſtance du fer qui perd de ſa denſité à chaque fois qu'on le chauffe; en ſorte que ſi l'on réitéroit ſouvent cette même opération, on réduiroit le fer à n'être plus qu'une matière friable & légère, dont on ne pourroit faire aucun uſage; car j'ai remarqué que les boulets non-ſeulement avoient perdu de leur poids, c'eſt-à-dire, de leur denſité, mais qu'en même temps ils avoient auſſi beaucoup perdu de leur ſolidité; c'eſt-à-dire, de cette qualité dont dépend la cohérence des parties; car j'ai vu, en les faiſant frapper, qu'on pouvoit les caſſer d'autant plus aiſément qu'ils avoient été chauffés plus ſouvent & plus long-temps.

C'eſt ſans doute parce que l'on ignoroit juſqu'à quel point va cette altération du fer, ou plutôt parce qu'on ne s'en doutoit point du tout, que l'on imagina, il y a quelques années, dans notre Artillerie, de chauffer les boulets dont il étoit queſtion de diminuer le volume *(h)*. On m'a

dans l'eau pour les refroidir, ne conſervent pas le même degré de chaleur au bout d'un temps. Il s'en élève auſſi des écailles lorſqu'on les a ſouvent chauffés & trempés; ces écailles ſont du véritable fer.

(h) M. le marquis de Vallière ne s'occupoit point alors des travaux de l'Artillerie.

aſſuré que le calibre des canons nouvellement fondus, étant plus étroit que celui des anciens canons, il a fallu diminuer les boulets, & que pour y parvenir, on a fait rougir ces boulets à blanc, afin de les ratiſſer enſuite plus aiſément en les faiſant tourner; on m'a ajouté, que ſouvent on eſt obligé de les faire chauffer cinq, ſix & même huit & neuf fois pour les réduire autant qu'il eſt néceſſaire. Or, il eſt évident par mes expériences, que cette pratique eſt mauvaiſe, car un boulet chauffé à blanc neuf fois, doit perdre au moins le quart de ſon poids, & peut-être les trois quarts de ſa ſolidité. Devenu caſſant & friable, il ne peut ſervir pour faire brèche, puiſqu'il ſe briſe contre les murs, & devenu léger il a auſſi pour les pièces de campagne le grand déſavantage de ne pouvoir aller auſſi loin que les autres.

En général, ſi l'on veut conſerver au fer ſa ſolidité & ſon nerf, c'eſt-à-dire, ſa maſſe & ſa force, il ne faut l'expoſer au feu ni plus ſouvent ni plus long-temps qu'il eſt néceſſaire; il ſuffira, pour la plupart des uſages, de le faire rougir ſans pouſſer le feu juſqu'au blanc, ce dernier degré de chaleur ne manque jamais de le détériorer: & dans les ouvrages où il importe de lui conſerver tout ſon nerf, comme dans les bandes que l'on forge pour les canons de fuſil, il faudroit, s'il étoit poſſible, ne les chauffer qu'une fois pour les battre, plier & ſouder par une ſeule opération; car, quand le fer a acquis ſous le marteau, toute la force dont il eſt ſuſceptible, le feu ne fait plus que la diminuer; c'eſt aux Artiſtes à voir juſqu'à quel point

ce métal doit être malléé pour acquérir tout ſon nerf, & cela ne ſeroit pas impoſſible à déterminer par des expériences ; j'en ai fait quelques-unes que je vais rapporter ici.

I.

UNE boucle de fer de 18 lignes $\frac{2}{3}$ de groſſeur, c'eſt-à-dire, 348 lignes quarrées pour chaque montant de fer, ce qui fait pour le tout 696 lignes quarrées de fer, a caſſé ſous le poids de 28 milliers qui tiroit perpendiculairement ; cette boucle de fer avoit environ 10 pouces de largeur, ſur 13 pouces de hauteur, & elle étoit à très-peu près de la même groſſeur par-tout. Cette boucle a caſſé preſque au milieu des branches perpendiculaires, & non pas dans les angles.

Si l'on vouloit conclure du grand au petit ſur la force du fer par cette expérience, il ſe trouveroit que chaque ligne quarrée de fer tirée perpendiculairement, ne pourroit porter qu'environ 40 livres.

II.

CEPENDANT ayant mis à l'épreuve un fil de fer d'une ligne un peu forte de diamètre, ce morceau de fil de fer a porté, avant de ſe rompre, 482 livres. Et un pareil morceau de fil de fer, n'a rompu que ſous la charge de 495 livres ; en ſorte qu'il eſt à préſumer qu'une verge quarrée d'une ligne de ce même fer auroit porté encore davantage, puiſqu'elle auroit contenu quatre ſegmens aux quatre coins du quarré inſcrit au cercle, de plus que le fil de fer rond, d'une ligne de diamètre.

Or cette diſproportion dans la force du fer en gros & du fer en petit, eſt énorme. Le gros fer que j'avois employé, venoit de la forge d'Aiſy ſous Rougemont, il étoit ſans nerf & à gros grain, & j'ignore de quelle forge étoit mon fil de fer; mais la différence de la qualité du fer, quelque grande qu'on voulût la ſuppoſer, ne peut pas faire celle qui ſe trouve ici dans leur réſiſtance, qui, comme l'on voit, eſt douze fois moindre dans le gros fer que dans le petit.

III.

J'AI fait rompre une autre *boucle* de fer de 18 lignes $\frac{1}{2}$ de groſſeur, du même fer de la forge d'Aiſy; elle ne ſupporta de même que 28450 livres, & rompit encore preſque dans le milieu des deux montans.

IV.

J'AVOIS fait faire en même temps une boucle du même fer que *j'avois fait* reforger pour le partager en deux, en ſorte qu'il ſe trouva réduit à une barre de 9 lignes ſur 18; l'ayant miſe à l'épreuve, elle ſupporta avant de rompre, la charge de 17300 livres, tandis qu'elle n'auroit dû porter, tout au plus que 14 milliers, ſi elle n'eût pas été forgée une ſeconde fois.

V.

UNE autre boucle de fer de 16 lignes $\frac{3}{4}$ de groſſeur, ce qui fait pour chaque montant à peu-près 280 *lignes* quarrées, c'eſt-à-dire, 560, a porté 24600 livres, au lieu

lieu qu'elle n'auroit dû porter que 22400 livres, si je ne l'eus pas fait forger une seconde fois.

V I.

Un cadre de fer de la même qualité, c'est-à-dire, sans nerf & à gros grains, & venant de la même forge d'Aisy, que j'avois fait établir pour empêcher l'écartement des murs du haut fourneau de mes forges, & qui avoit 26 pieds d'un côté sur 22 pieds de l'autre, ayant cassé par l'effort de la chaleur du fourneau dans les deux points milieux des deux plus longs côtés, j'ai vu que je pouvois comparer ce cadre aux boucles des expériences précédentes, parce qu'il étoit du même fer, & qu'il a cassé de la même manière: or ce fer avoit 21 lignes de gros, ce qui fait 441 lignes quarrées, & ayant rompu comme les boucles aux deux côtés opposés, cela fait 882 lignes quarrées qui se sont séparées par l'effort de la chaleur. Et comme nous avons trouvé par les expériences précédentes, que 696 lignes quarrées du même fer ont cassé sous le poids de 28 milliers, on doit en conclure que 882 lignes de ce même fer n'auroient rompu que sous un poids de 35480 livres, & que par conséquent l'effort de la chaleur devoit être estimé comme un poids de 35480 livres. Ayant fait fabriquer pour contenir le mur intérieur de mon fourneau, dans le fondage qui se fit après la rupture de ce cadre, un cercle de 26 pieds $\frac{1}{2}$ de circonférence, avec du fer nerveux provenant de la fonte & de la fabrique de mes forges, cela m'a donné le moyen de

comparer la ténacité du bon fer avec celle du fer commun. Ce cercle de 26 pieds $\frac{1}{2}$ de circonférence étoit de deux pièces, retenues & jointes enſemble par deux clavettes de fer paſſées dans des anneaux forgés au bout des deux bandes de fer; la largeur de ces bandes étoit de 30 lignes ſur 5 d'épaiſſeur : cela fait 150 lignes quarrées qu'on ne doit pas doubler, parce que ſi ce cercle eût rompu, ce n'auroit été qu'en un ſeul endroit, & *non pas en deux* endroits oppoſés comme *les boucles ou le grand cadre* quarré. Mais l'expérience me démontra que pendant un fondage de quatre mois, où la chaleur étoit même plus grande que dans le fondage précédent, ces 150 lignes de bon fer réſiſtèrent à ſon effort qui étoit de 35480 livres; d'où l'on doit conclure avec certitude entière, que le bon fer, c'eſt-à-dire, le fer qui eſt preſque tout nerf, eſt au moins cinq fois auſſi tenace que le fer ſans nerf & à gros grains.

Que l'on juge par-là de l'avantage qu'on trouveroit à n'employer que du bon fer nerveux dans les bâtimens & dans la conſtruction des vaiſſeaux, il en faudroit les trois quarts moins, & l'on auroit encore un quart de ſolidité de plus.

Par de ſemblables expériences, & en faiſant malléer une fois, deux fois, trois fois des verges de fer de différentes groſſeurs, on pourroit s'aſſurer du *maximum* de la force du fer, combiner d'une manière certaine la légèreté des armes avec leur ſolidité, ménager la matière dans les autres ouvrages ſans craindre la rupture, en un

mot, travailler ce métal ſur des principes uniformes & conſtans. Ces expériences ſont le ſeul moyen de perfectionner l'art de la manipulation du fer ; l'État en tireroit de très-grands avantages, car il ne faut pas croire que la qualité du fer dépende de celle de la mine, que, par exemple, le fer d'Angleterre, ou d'Allemagne, ou de Suède ſoit meilleur que celui de France ; que le fer de Berri ſoit plus doux que celui de Bourgogne : la nature des mines n'y fait rien ; c'eſt la manière de les traiter qui fait tout, & ce que je puis aſſurer pour l'avoir vu par moi-même, c'eſt qu'en malléant beaucoup & chauffant peu, on donne au fer plus de force, & qu'on approche de ce *maximum* dont je ne puis que recommander la recherche, & auquel on peut arriver par les expériences que je viens d'indiquer.

Dans les boulets que j'ai ſoumis plusieurs fois à l'épreuve du plus grand feu, j'ai vu que le fer perd de ſon poids & de ſa force d'autant plus qu'on le chauffe plus ſouvent & plus long-temps ; ſa ſubſtance ſe décompoſe, ſa qualité s'altère, & enfin il dégénère en une eſpèce de mâchefer ou de matière poreuſe, légère, qui ſe réduit en une ſorte de chaux par la violence & la longue application du feu : le mâchefer commun eſt d'une autre eſpèce, & quoique vulgairement on croie que le mâchefer ne provient & même ne peut provenir que du fer, j'ai la preuve du contraire. Le mâchefer eſt à la vérité une matière produite par le feu, mais pour le former il n'eſt pas néceſſaire d'employer du fer ni aucun autre métal ; avec du bois &

du charbon brûlé & poussé à un feu violent, on obtiendra du mâchefer en assez grande quantité; & si l'on prétend que ce mâchefer ne vient que du fer contenu dans le bois (parce que tous les végétaux en contiennent plus ou moins), je demande pourquoi l'on ne peut pas en tirer du fer même une plus grande quantité qu'on en tire du bois, dont la substance est si différente de celle du fer. Dès que ce fait me fût connu par l'expérience, il me fournit l'intelligence d'un autre fait qui m'avoit paru inexplicable jusques alors. On trouve dans les terres élevées, & sur-tout dans des forêts où il n'y a ni rivières ni ruisseaux, & où par conséquent il n'y a jamais eu de forges, non plus qu'aucun indice de volcans ou de feux souterrains; on trouve, dis-je, souvent des gros blocs de mâchefer que deux hommes auroient peine à enlever: j'en ai vus pour la première fois en 1745, à Montigny-l'Encoupe, dans les forêts de M. de Trudaine; j'en ai fait chercher & trouvé depuis dans nos bois de Bourgogne, qui sont encore plus éloignés de l'eau que ceux de Montigny; on en a trouvé en plusieurs endroits: les petits morceaux m'ont paru provenir de quelques fourneaux de charbon qu'on aura laissé brûler, mais les gros ne peuvent venir que d'un incendie dans la forêt lorsqu'elle étoit en pleine venue, & que les arbres y étoient assez grands & assez voisins pour produire un feu très-violent & très-long-temps nourri.

Le mâchefer, qu'on peut regarder comme un *résidu* de la combustion du bois, contient du fer; & l'on verra

dans un autre Mémoire les expériences que j'ai faites, pour reconnoître par ce résidu la quantité de fer qui entre dans la composition des végétaux. Et cette terre morte ou cette chaux dans laquelle le fer se réduit par la trop longue action du feu, ne m'a pas paru contenir plus de fer que le mâchefer du bois, ce qui semble prouver que le fer est comme le bois une matière combustible, que le feu peut également dévorer en l'appliquant seulement plus violemment & plus long-temps. Pline dit, avec grande raison, *ferrum accensum igni, nisi duretur ictibus, corrumpitur* (h). On en sera persuadé si l'on observe dans une forge la première loupe que l'on tire de la gueuse, cette loupe est un morceau de fer fondu pour la seconde fois, & qui n'a pas encore été forgé, c'est-à-dire, consolidé par le marteau; lorsqu'on le tire de la chaufferie où il vient de subir le feu le plus violent, il est rougi à blanc, il jette non-seulement des étincelles ardentes, mais il brûle réellement d'une flamme très-vive qui consommeroit une partie de sa substance si on tardoit trop de temps à porter cette loupe sous le marteau; ce fer seroit, pour ainsi dire, détruit avant que d'être formé, il subiroit l'effet complet de la combustion si le coup du marteau, en rapprochant ses parties trop divisées par le feu, ne commençoit à lui faire prendre le premier degré de sa ténacité. On le tire dans cet état & encore tout rouge de dessous le marteau, & on le reporte au foyer de l'affinerie où il se pénètre

(h) Hist. nat. *lib.* XXXIV, *cap.* XV.

d'un nouveau feu; lorſqu'il eſt blanc on le tranſporte de même & le plus promptement poſſible au marteau, ſous lequel il ſe conſolide & s'étend beaucoup plus que la première fois; enfin on remet encore cette pièce au feu & on la reporte au marteau, ſous lequel on l'achève en entier. C'eſt ainſi qu'on travaille tous les fers communs, on ne leur donne que deux ou tout au plus trois volées de marteau, *auſſi n'ont-ils pas à beaucoup près la ténacité qu'ils pourroient acquérir ſi on les travailloit moins précipitamment.* La force du marteau non-ſeulement comprime les parties du fer trop diviſées par le feu, mais en les rapprochant elle chaſſe les matières étrangères & le purifie en le conſolidant. Le déchet du fer en gueuſe eſt ordinairement d'un tiers, dont la plus grande partie ſe brûle, & le reſte coule en fuſion & forme ce qu'on appelle *les craſſes du fer:* ces craſſes ſont plus peſantes que le mâchefer du bois, & contiennent encore une aſſez grande quantité de fer, qui eſt à la vérité très-impur & très-aigre, mais dont on peut néanmoins tirer parti en mêlant ces craſſes broyées & en petite quantité avec la mine que l'on jette au fourneau; j'ai l'expérience qu'en mêlant un ſixième de ces craſſes avec cinq ſixièmes de mine épurée par mes cribles, la fonte ne change pas ſenſiblement de qualité, mais ſi l'on en met davantage elle devient plus caſſante, ſans néanmoins changer de couleur ni de grain. Mais ſi les mines ſont moins épurées, ces craſſes gâtent abſolument la fonte, parce qu'étant déjà très-aigre & très-caſſante par elle-même, elle le devient encore plus par cette

addition de mauvaiſe matière, en ſorte que cette pratique qui peut devenir utile entre les mains d'un habile maître de l'art, produira dans d'autres mains de ſi mauvais effets, qu'on ne pourra ſe ſervir ni des fers ni des fontes qui en proviendront.

Il y a néanmoins des moyens, je ne dis pas de changer, mais de corriger un peu la mauvaiſe qualité de la fonte, & d'adoucir à la chaufferie l'aigreur du fer qui en provient. *Le premier* de ces moyens eſt de diminuer la force du vent, ſoit en changeant l'inclinaiſon de la tuyère, ſoit en ralentiſſant le mouvement des ſoufflets, car plus on preſſe le feu plus le fer devient aigre. Le ſecond moyen, & qui eſt encore plus efficace, c'eſt de jeter ſur la loupe de fer qui ſe ſépare de la gueuſe, une certaine quantité de gravier calcaire ou même de chaux toute faite ; cette chaux ſert de fondant aux parties vitrifiables que le fer aigre contient en trop grande quantité, & le purge de ſes impuretés. Mais ce ſont de petites reſſources auxquelles il ne faut pas ſe mettre dans le cas d'avoir recours, ce qui n'arriveroit jamais ſi l'on ſuivoit les procédés que j'ai donnés pour faire de bonne fonte *(i)*.

Lorſqu'on fait travailler les Affineurs à leur compte & qu'on les paye au millier, ils font comme les Fondeurs, le plus de fer qu'ils peuvent dans leur ſemaine, ils conſtruiſent le foyer de leur chaufferie de la manière la plus avantageuſe pour eux, ils preſſent le feu, trouvent que

(i) On trouvera ces procédés dans mes Mémoires ſur la fuſion des mines de fer.

les ſoufflets ne donnent jamais aſſez de vent, ils travaillent moins la loupe & font ordinairement en deux chaudes ce qui en exigeroit au moins trois; on ne ſera donc jamais ſûr d'avoir du fer d'une bonne & même qualité qu'en payant les ouvriers au mois, & en faiſant caſſer à la fin de chaque ſemaine quelques barres du fer qu'ils livrent, pour reconnoître s'ils ne ſe ſont pas ou trop preſſés ou négligés. Le fer en bandes plates eſt toujours plus nerveux que le fer en barreaux; s'il ſe trouve deux tiers de nerf ſur un tiers de grain dans les bandes, on ne trouvera dans les barreaux, quoique faits de même *étoffe*, qu'environ un tiers de nerf ſur deux tiers de *grain*, ce qui prouve bien clairement que la plus ou moins grande force du fer vient de la différente application du marteau; s'il frappe plus conſtamment, plus fréquemment ſur un même plan, comme celui des bandes plates, il en rapproche & en réunit mieux les parties, que s'il frappe preſque alternativement ſur deux plans différens pour faire les barreaux quarrés : auſſi eſt-il plus difficile de bien ſouder du barreau que de la bande, & lorſqu'on veut faire du fer de *tirerie*, qui doit être en barreaux de treize lignes & d'un fer très-nerveux & aſſez ductile pour être converti en fil de fer, il faut le travailler plus lentement à l'affinerie, ne le tirer du feu que quand il eſt preſque fondant & le faire ſuer ſous le marteau le mieux qu'il eſt poſſible, afin de lui donner tout le nerf dont il eſt ſuſceptible ſous cette forme quarrée, qui eſt la plus ingrate, mais qui paroît néceſſaire ici, parce qu'il faut enſuite tirer de ces barreaux,

qu'on

qu'on coupe environ à quatre pieds, une verge de dix-huit ou vingt pieds par le moyen du martinet, sous lequel on l'alonge après l'avoir chauffée; c'est ce qu'on appelle de la *verge crénelée,* elle est quarrée comme le barreau dont elle provient, & porte sur les quatre faces des enfoncemens successifs, qui sont les empreintes profondes de chaque coup du martinet ou petit marteau sous lequel on la travaille. Ce fer doit être de la plus grande ductilité pour passer jusqu'à la plus petite filière, & en même temps il ne faut pas qu'il soit trop doux, mais assez ferme pour ne pas donner trop de déchet; ce point est assez difficile à saisir, aussi n'y a-t-il en France que deux ou trois forges dont on puisse tirer ces fers pour les fileries.

La bonne fonte est à la vérité la base de tout bon fer, mais il arrive souvent que par de mauvaises pratiques on gâte ce bon fer. Une de ces mauvaises pratiques, la plus généralement répandue, & qui détruit le plus le nerf & la ténacité du fer, c'est l'usage où sont les ouvriers, de presque toutes les forges, de tremper dans l'eau la première portion de la pièce qu'ils viennent de travailler, afin de pouvoir la manier & la reprendre plus promptement; j'ai vu, avec quelque surprise, la prodigieuse différence qu'occasionne cette trempe, sur-tout en hiver & lorsque l'eau est froide, non-seulement elle rend cassant le meilleur fer, mais même elle en change le grain & en détruit le nerf, au point qu'on n'imagineroit pas que c'est le même fer, si l'on n'en étoit pas convaincu par ses yeux en faisant casser l'autre bout du même barreau, qui n'ayant point été

trempé, conserve son nerf & son grain ordinaire. Cette trempe en été fait beaucoup moins de mal, mais en fait toujours un peu : & si l'on veut avoir du fer toujours de la même bonne qualité, il faut absolument proscrire cet usage, ne jamais tremper le fer chaud dans l'eau, & attendre, pour le manier, qu'il se refroidisse à l'air.

Il faut que la fonte soit bien bonne pour produire du fer aussi nerveux, aussi tenace que celui qu'on peut tirer des vieilles ferrailles refondues, non pas en *les jetant au* fourneau de fusion ; mais en les mettant *au feu de l'affinerie* ; tous les ans on achette pour mes forges une assez grande quantité de ces vieilles ferrailles, dont, avec un peu de soin, l'on fait d'excellent fer. Mais il y a du choix dans ces ferrailles ; *celles qui proviennent des* rognures de la tôle ou des morceaux cassés du *fil* de fer, qu'on appelle des *riblons*, sont les meilleures de toutes, parce qu'elles sont d'un fer plus pur que les autres ; on les achette aussi quelque chose de plus, mais en général ces vieux fers, quoique de qualité médiocre, en produisent de très-bon lorsqu'on sait les traiter. Il ne faut jamais les mêler avec la fonte, si même il s'en trouve quelques morceaux parmi les ferrailles, il faut les séparer ; il faut aussi mettre une certaine quantité de crasses dans le foyer, & le feu doit être moins poussé, moins violent que pour le travail du fer en gueuse, sans quoi l'on brûleroit une grande partie de sa ferraille qui, quand elle est bien traitée & de bonne qualité, ne donne qu'un cinquième de *déchet*, & consomme moins de charbon que le fer de la gueuse. Les

crasses qui sortent de ces vieux fers, sont en bien moindre quantité, & ne conservent pas à beaucoup près autant de particules de fer que les autres. Avec des riblous qu'on renvoie des fileries que fournissent mes forges, & des rognures de tôle cisaillées que je fais fabriquer, j'ai souvent fait du fer qui étoit tout nerf, & dont le déchet n'étoit presque que d'un sixième; tandis que le déchet du fer en gueuse est communément du double, c'est-à-dire, d'un tiers, & souvent de plus du tiers si l'on veut obtenir du fer d'excellente qualité.

M. de Montbeillard, Lieutenant-colonel au régiment royal d'Artillerie, ayant été chargé pendant plusieurs années de l'inspection des manufactures d'armes à Charleville, Maubeuge & Saint-Étienne, a bien voulu me communiquer un Mémoire qu'il a présenté au Ministre, & dans lequel il traite de cette fabrication du fer avec de vieilles ferrailles, « il dit, avec grande raison, que les ferrailles qui ont beaucoup de surface, & celles qui proviennent des vieux fers & clous de chevaux ou fragmens de petits cylindres ou quarrés tords, ou des anneaux & boucles, toutes pièces qui supposent que le fer qu'on a employé pour les fabriquer étoit souple, liant & susceptible d'être plié, étendu ou tordu, doivent être préférées & recherchées pour la fabrication des canons de fusil ». On trouve dans ce même Mémoire de M. de Montbeillard d'excellentes réflexions sur les moyens de perfectionner les armes à feu, & d'en assurer la résistance par le choix du bon fer & par la manière de le traiter; l'Auteur rapporte

une très-bonne expérience *(k)*, qui prouve clairement que les vieilles ferrailles & même les écailles ou exfoliations qui se détachent de la surface du fer, & que bien des gens prennent pour des scories, se soudent ensemble de la manière la plus intime, & que par conséquent le fer qui en provient est d'aussi bonne & peut-être de meilleure qualité qu'aucun autre. Mais en même temps il conviendra avec moi, & il observe même dans la suite de son Mémoire, que cet excellent fer ne doit pas être employé seul, par la raison même qu'il est trop parfait; & en effet, un fer qui, sortant de la forge, a toute sa perfection, n'est excellent que pour être employé tel qu'il est, ou pour des ouvrages qui ne demandent que des chaudes.

(k) Qu'on prenne une barre de fer, large de deux à trois pouces, épaisse de deux à trois lignes, qu'on la chauffe au rouge, & qu'avec la panne du marteau on y pratique dans sa longueur une cannelure ou cavité, qu'on la plie sur elle-même pour la doubler & corroyer, l'on remplira ensuite la cannelure des écailles ou pailles en question; on lui donnera une chaude douce d'abord en rabattant les bords, pour empêcher qu'elles ne s'échappent, & on battra la barre comme on le pratique pour corroyer le fer avant de la chauffer au blanc; on la chauffera ensuite blanche & fondante, & la pièce soudera à merveille, on la cassera à froid & l'on n'y verra rien qui annonce que la soudure n'ait pas été complète & parfaite, & que toutes les parties du fer ne se soient pas pénétrées réciproquement sans laisser aucun espace vide. J'ai fait cette expérience aisée à répéter, qui doit rassurer sur les pailles, soit qu'elles soient plates ou qu'elles aient la forme d'aiguilles, puisqu'elles ne sont autre chose que du fer, comme la barre avec laquelle on les incorpore, où elles ne forment plus qu'une même masse avec elle.

douces; car toute chaude vive, toute chaleur à blanc le dénature; j'en ai fait des épreuves plus que réitérées sur des morceaux de toute grosseur; le petit fer se dénature un peu moins que le gros, mais tous deux perdent la plus grande partie de leur nerf dès la première chaude à blanc; une seconde chaude pareille change & achève de détruire le nerf, elle altère même la qualité du grain qui, de fin qu'il étoit, devient grossier & brillant comme celui du fer le plus commun; une troisième chaude rend ces grains encore plus gros, & laisse déjà voir entre leurs interstices des parties noires de matière brûlée; enfin en continuant de lui donner des chaudes, on arrive au dernier degré de sa décomposition, & on le réduit en une terre morte qui ne paroît plus contenir de substance métallique, & dont on ne peut faire aucun usage. Car cette terre morte n'a pas, comme la plupart des autres chaux métalliques, la propriété de se revivifier par l'application des matières combustibles; elle ne contient guère plus de fer que le mâchefer commun tiré du charbon des végétaux; au lieu que les chaux des autres métaux se revivifient presque en entier ou du moins en très-grande partie, & cela achève de démontrer que le fer est une matière presque entièrement combustible.

Ce fer que l'on tire, tant de cette terre ou chaux de fer, que du mâchefer provenant du charbon, m'a paru d'une singulière qualité, il est très-magnétique & très-infusible, j'ai trouvé du petit sable noir aussi magnétique, aussi indissoluble, & presque infusible dans quelques-unes

des mines que j'ai fait exploiter; ce ſablon ferrugineux & magnétique ſe trouve mêlé avec les grains de mine qui ne le ſont point du tout, & provient certainement d'une cauſe toute autre: le feu a produit ce ſablon magnétique, & l'eau les grains de mine; & lorſque par haſard ils ſe trouvent mélangés, c'eſt que le haſard a fait qu'on a brûlé de grands amas de bois, ou qu'on a fait des fourneaux de charbon ſur le terrein *qui renferme les mines*, & que ce ſablon ferrugineux *qui n'eſt que le détriment du mâchefer* que l'eau ne peut ni rouiller ni diſſoudre, a pénétré par la filtration des eaux auprès des lits de mine en grains, qui ſouvent ne ſont qu'à deux ou trois pieds de profondeur. On a vu dans le Mémoire précédent, que ce ſablon ferrugineux qui provient du mâchefer des végétaux, ou ſi l'on veut du fer brûlé autant *qu'il* peut l'être, paroît être le même à tous égards que celui qui ſe trouve dans la platine.

Le fer le plus parfait eſt celui qui n'a preſque point de grain, & qui eſt entièrement d'un nerf de gris-cendré; le fer à nerf noir eſt encore très-bon, & peut-être eſt-il préférable au premier pour tous les uſages où il faut chauffer plus d'une fois ce métal avant de l'employer; le fer de la troiſième qualité & qui eſt moitié nerf & moitié grain, eſt le fer par excellence pour le commerce, parce qu'on peut le chauffer deux ou trois fois ſans le dénaturer; le fer ſans nerf, mais à grain fin, ſert auſſi pour beaucoup d'uſages, mais les fers ſans nerf & à gros grains, devroient être proſcrits & ſont le plus grand tort dans la

ſociété, parce que malheureuſement ils y ſont cent fois plus communs que les autres. Il ne faut qu'un coup d'œil à un homme exercé pour connoître la bonne ou la mauvaiſe qualité du fer, mais les gens qui le font employer, ſoit dans leurs bâtimens, ſoit à leurs équipages, ne s'y connoiſſent ou n'y regardent pas, & payent ſouvent, comme très-bon, du fer que le fardeau fait rompre ou que la rouille détruit en peu de temps.

Autant les chaudes vives & pouſſées juſqu'au *blanc*, détériorent le fer, autant les chaudes douces où l'on ne le rougit que couleur de ceriſe, ſemblent l'améliorer; c'eſt par cette raiſon que les fers deſtinés à paſſer à la fenderie ou, à la batterie, ne demandent pas à être fabriqués avec autant de ſoin que ceux qu'on appelle *fers marchands*, qui doivent avoir toute leur qualité. Le fer de tirerie fait une claſſe à part, il ne peut être trop pur, s'il contenoit des parties hétérogènes il deviendroit très-caſſant aux dernières filières; or il n'y a d'autre moyen de le rendre pur que de le faire bien ſuer en le chauffant la première fois juſqu'au *blanc*, & le martelant avec autant de force que de précaution, & enſuite en le faiſant encore chauffer à blanc afin d'achever de le dépurer ſous le martinet en l'alongeant pour en faire de la verge *crénelée*. Mais les fers deſtinés à être refendus pour en faire de la verge ordinaire, des fers aplatis, des languettes pour la tôle, tous les fers en un mot qu'on doit paſſer ſous les cylindres, n'exigent pas le même degré de perfection, parce qu'ils s'améliorent au four de la fenderie, où l'on n'emploie que du bois,

& dans lequel tous ces fers ne prennent une chaleur que du ſecond degré, d'un rouge couleur de feu, qui eſt ſuffiſant pour les amollir, & leur permet de s'aplatir & de s'étendre ſous les cylindres & de ſe fendre enſuite ſous les taillans. Néanmoins ſi l'on veut avoir de la verge bien douce, comme celle qui eſt néceſſaire pour les clous à maréchal; ſi l'on veut des fers aplatis qui aient beaucoup de nerf, comme doivent être ceux qu'on emploie pour les roues, & particulièrement les bandages qu'on fait d'une ſeule pièce, dans leſquels il faut au moins un tiers de nerf; les fers qu'on livre à la fenderie doivent être de bonne qualité, c'eſt-à-dire, avoir au moins un tiers de nerf, car j'ai obſervé que le feu doux du four & la forte compreſſion des cylindres rendent à la vérité le grain du fer un peu plus fin, & donnent même du nerf à celui qui n'avoit que du grain très-fin, mais ils ne convertiſſent jamais en nerf le gros grain des fers communs; en ſorte qu'avec du mauvais fer à gros grains on pourra faire de la verge & des fers aplatis dont le grain ſera moins gros, mais qui ſeront toujours trop caſſans pour être employés aux uſages dont je viens de parler.

Il en eſt de même de la tôle, on ne peut pas employer de trop bonne étoffe pour la faire, & il eſt bien fâcheux qu'on faſſe tout le contraire; car preſque toutes nos tôles en France ſe font avec du fer commun; elles ſe rompent en les pliant, & ſe brûlent ou pourriſſent en peu de temps; tandis que de la tôle faite comme celle de Suède ou d'Angleterre, avec du bon fer bien nerveux,

ſe

ſe tordra cent fois ſans rompre, & durera peut-être vingt fois plus que les autres. On en fait à mes forges de toute grandeur & de toute épaiſſeur, on en emploie à Paris pour les caſſeroles & autres pièces de cuiſine qu'on étame & qu'on a raiſon de préférer aux caſſeroles de cuivre. On a fait avec cette même tôle grand nombre de poëles, de chaîneaux, de tuyaux, & j'ai depuis quatre ans l'expérience mille fois réitérée, qu'elle peut durer comme je viens de le dire, ſoit au feu, ſoit à l'air, beaucoup plus que les tôles communes, mais comme elle eſt un peu plus chère, le débit en eſt moindre, & l'on n'en demande que pour de certains uſages particuliers auxquels les autres tôles ne pourroient être employées. Lorſqu'on eſt au fait, comme j'y ſuis, du commerce des fers, on diroit qu'en France on a fait un pacte général, de ne ſe ſervir que de ce qu'il y a de plus mauvais en ce genre.

Avec du fer nerveux on pourra toujours faire d'excellente tôle, en faiſant paſſer le fer des languettes ſous les cylindres de la fenderie; ceux qui aplatiſſent ces languettes ſous le martinet, après les avoir fait chauffer au charbon, ſont dans un très-mauvais uſage; le feu de charbon pouſſé par les ſoufflets, gâte le fer de ces languettes, celui du four de la fenderie ne fait que le perfectionner: d'ailleurs il en coûte plus de moitié moins pour faire les languettes au cylindre que pour les faire au martinet; ici l'intérêt s'accorde avec la théorie de l'art: il n'y a donc que l'ignorance qui puiſſe entretenir cette pratique, qui néanmoins eſt la plus générale, car il y a peut-être ſur toutes

les tôles qui se fabriquent en France, plus des trois quarts dont les languettes ont été faites au martinet. Cela ne peut pas être autrement, me dira-t-on, toutes les batteries n'ont pas à côté d'elles une fenderie & des cylindres montés, je l'avoue & c'est ce dont je me plains; on a tort de permettre ces petits établissemens particuliers qui ne subsistent qu'en achetant dans les grosses forges les fers au meilleur marché, *c'est-à-dire*, *tous les plus* médiocres, pour les fabriquer *ensuite en tôle & en petits* fers de la plus mauvaise qualité.

Un autre objet fort important sont les fers de charrue, on ne sauroit croire combien la mauvaise qualité du fer dont on les fabrique fait de tort aux laboureurs; on leur livre inhumainement des fers qui cassent au moindre effort, & qu'ils sont forcés de renouveler presque aussi souvent que leurs cultures; on leur fait payer bien cher du mauvais acier dont on arme la pointe de ces fers encore plus mauvais, & le tout est perdu pour eux au bout d'un an, & souvent en moins de temps; tandis qu'en employant pour ces fers de charrue, comme pour la tôle, le fer le meilleur & le plus nerveux, on pourroit les garantir pour un usage de vingt ans, & même se dispenser d'en aciérer la pointe; car j'ai fait faire plusieurs centaines de ces fers de charrue dont j'en ai fait essayer quelques-uns sans acier, & ils se sont trouvés d'une étoffe assez ferme pour résister au labour. J'ai fait la même expérience sur un grand nombre de pioches; c'est la mauvaise qualité de nos fers qui a établi chez les taillandiers l'usage général

de mettre de l'acier à ces instrumens de campagne, qui n'en auroient pas besoin s'ils étoient de bon fer fabriqué avec des languettes passées sous les cylindres.

J'avoue qu'il y a de certains usages pour lesquels on pourroit fabriquer du fer aigre, mais encore ne faut-il pas qu'il soit à trop gros grain ni trop cassant; les clous pour les petites lattes à tuile, les broquettes & autres petits clous plient lorsqu'ils sont faits d'un fer trop doux, mais à l'exception de ce seul emploi, qu'on ne remplira toujours que trop, je ne vois pas qu'on doive se servir de fer aigre. Et si dans une bonne manufacture on en veut faire une certaine quantité, rien n'est plus aisé; il ne faut qu'augmenter d'une mesure ou d'une mesure & demie de mine au fourneau, & mettre à part les gueuses qui en proviendront, la fonte en sera moins bonne & plus blanche. On les fera forger à part en ne donnant que deux chaudes à chaque bande, & l'on aura du fer aigre qui se fendra plus aisément que l'autre, & qui donnera de la verge cassante.

Le meilleur fer, c'est-à-dire, celui qui a le plus de nerf, & par conséquent le plus de ténacité peut éprouver cent & deux cents coups de masse sans se rompre, & comme il faut néanmoins le casser pour tous les usages de la fenderie & de la batterie, & que cela demanderoit beaucoup de temps, même en s'aidant du ciseau d'acier, il vaut mieux faire couper sous le marteau de la forge, les barres encore chaudes à moitié de leur épaisseur, cela n'empêche pas le marteleur de les achever, & épargne beaucoup de temps au fendeur & au platineur. Tout le fer que j'ai fait

caſſer à froid & à grands coups de maſſe, s'échauffe d'autant plus qu'il eſt plus fortement & plus ſouvent frappé: non-ſeulement il s'échauffe au point de brûler très-vivement, mais il s'aimante comme s'il eut été frotté ſur un très-bon aimant. M'étant aſſuré de la conſtance de cet effet par pluſieurs obſervations ſucceſſives, je voulus voir ſi ſans percuſſion je pourrois de même produire dans le fer la vertu magnétique; je fis prendre pour cela une verge de trois lignes de groſſeur de mon fer le plus liant, & que je connoiſſois pour être très-difficile à rompre, & l'ayant fait plier & replier, par les mains d'un homme fort, ſept ou huit fois de ſuite ſans pouvoir la rompre, je trouvai le fer très-chaud au point où on l'avoit plié, & il avoit en même temps toute la vertu d'un barreau bien aimanté; j'aurai occaſion dans la ſuite de revenir à ce phénomène qui tient de très-près à la théorie du magnétiſme & de l'électricité, & que je ne rapporte ici que pour démontrer que plus une matière eſt tenace, c'eſt-à-dire, plus il faut d'efforts pour la diviſer, plus elle eſt près de produire de la chaleur & tous les autres effets qui peuvent en dépendre, & prouver en même temps que la ſimple preſſion produiſant le frottement des parties intérieures, équivaut à l'effet de la plus violente percuſſion.

On ſoude tous les jours le fer avec lui-même ou ſur lui-même, mais il faut la plus grande précaution pour qu'il ne ſe trouve pas un peu plus foible aux endroits des ſoudures; car pour réunir & ſouder les deux bouts d'une barre, on les chauffe juſqu'au blanc le plus vif, le fer

dans cet état est tout prêt à fondre, il n'y arrive pas sans perdre toute sa ténacité, & par conséquent tout son nerf; il ne peut donc en reprendre dans toute cette partie qu'on soude, que par la percussion des marteaux dont deux ou trois ouvriers font succéder les coups le plus vîte qu'il leur est possible, mais cette percussion est très-foible & même lente en comparaison de celle du marteau de la forge ou même de celle du martinet; ainsi l'endroit soudé, quelque bonne que soit l'étoffe, n'aura que peu de nerf & souvent point du tout si l'on n'a pas bien saisi l'instant où les deux morceaux sont également chauds, & si le mouvement du marteau n'a pas été assez prompt & assez fort pour les bien réunir. Aussi quand on a des pièces importantes à souder, on fera bien de le faire sous les martinets les plus prompts. La soudure dans les canons des armes à feu, est une des choses les plus importantes; M. de Montbeillard, dans le Mémoire que j'ai cité ci-dessus, donne de très-bonnes vues sur cet objet, & même des expériences décisives: je crois avec lui, que comme il faut chauffer à blanc nombre de fois la bande ou *maquette* pour souder le canon dans toute sa longueur, il ne faut pas employer du fer qui seroit au dernier degré de sa perfection, parce qu'il ne pourroit que se détériorer par ces fréquentes chaudes vives; qu'il faut au contraire choisir le fer qui, n'étant pas encore aussi épuré qu'il peut l'être, gagnera plutôt de la qualité qu'il n'en perdra par ces nouvelles chaudes, mais cet article seul demanderoit un grand travail fait & dirigé par un homme aussi éclairé que M. de Montbeillard, & l'objet

en eſt d'une ſi grande importance pour la vie des hommes & pour la gloire de l'État, qu'il mérite la plus grande attention.

Le fer ſe décompoſe par l'humidité comme par le feu; il attire l'humide de l'air, s'en pénètre & ſe rouille, c'eſt-à-dire, ſe convertit en une eſpèce de terre ſans liaiſon, ſans cohérence; cette converſion ſe fait en aſſez peu de temps dans les fers qui ſont de mauvaiſe qualité ou mal fabriqués: ceux dont l'étoffe eſt bonne, & dont les ſurfaces ſont bien liſſes ou polies ſe défendent plus long-temps, mais tous ſont ſujets à cette eſpèce de mal, qui de la ſuperficie gagne aſſez promptement l'intérieur, & détruit avec le temps le corps entier du fer. Dans l'eau il ſe conſerve beaucoup mieux qu'à l'air, & quoiqu'on s'aperçoive de ſon altération par la couleur noire qu'il y prend après un long ſéjour, il n'eſt point dénaturé, il peut être forgé, au lieu que celui qui a été expoſé à l'air pendant quelques ſiècles, & que les ouvriers appellent du *fer luné*, parce qu'ils s'imaginent que la lune le mange, ne peut ni ſe forger ni ſervir à rien, à moins qu'on ne le revivifie comme les rouilles & les ſafrans de mars, ce qui coûte communément plus que le fer ne vaut. C'eſt en ceci que conſiſte la différence des deux décompoſitions du fer; dans celle qui ſe fait par le feu, la plus grande partie du fer ſe brûle & s'exhale en vapeurs comme les autres matières combuſtibles, il ne reſte qu'un mâchefer qui contient, comme celui du bois, une petite quantité de matière très-attirable par l'aimant qui eſt bien du vrai fer,

mais qui m'a paru d'une nature ſingulière & ſemblable comme je l'ai dit, au ſablon ferrugineux qui ſe trouve en ſi grande quantité dans la platine. La décompoſition par l'humidité ne diminue pas à beaucoup près autant que la combuſtion, la maſſe du fer, mais elle en altère toutes les parties au point de leur faire perdre leur vertu magnétique, leur cohérence & leur couleur métallique; c'eſt de cette rouille ou terre de fer que ſont en grande partie compoſées les mines en grain, l'eau après avoir atténué ces particules de rouille & les avoir réduites en molécules ſenſibles, les charie & les dépoſe par filtration dans le ſein de la terre, où elles ſe réuniſſent en grain par une ſorte de criſtalliſation qui ſe fait comme toutes les autres, par l'attraction mutuelle des molécules analogues; & comme cette rouille de fer étoit privée de la vertu magnétique, il n'eſt pas étonnant que les mines en grain qui en proviennent, en ſoient également dépourvues. Ceci me paroît démontrer d'une manière aſſez claire, que le magnétiſme ſuppoſe l'action précédente du feu; que c'eſt une qualité particulière que le feu donne au fer, & que l'humidité de l'air lui enlève en le décompoſant.

Si l'on met dans un vaſe une grande quantité de limaille de fer pure, qui n'a pas encore pris de rouille, & ſi on la couvre d'eau, on verra en la laiſſant ſécher, que cette limaille ſe réunit par ce ſeul intermède, au point de faire une maſſe de fer aſſez ſolide, pour qu'on ne puiſſe la caſſer qu'à coups de maſſe: ce n'eſt donc pas préciſément l'eau qui décompoſe le fer & qui produit la rouille, mais plutôt

les ſels & les vapeurs ſulfureuſes de l'air, car on ſait que le fer ſe diſſout très-aiſément par les acides & par le ſoufre. En préſentant une verge de fer bien rouge à une bille de ſoufre, le fer coule dans l'inſtant, & en le recevant dans l'eau, on obtient des grenailles qui ne ſont plus du fer ni même de la fonte; car j'ai éprouvé qu'on ne pouvoit pas les réunir au feu pour les forger, c'eſt une matière qu'on ne peut comparer qu'à la pyrite martiale, dans laquelle le fer paroît être également décompoſé par le ſoufre; & je crois que c'eſt par cette raiſon que l'on trouve preſque par-tout à la ſurface de la terre & ſous les premiers lits de ſes couches extérieures, une aſſez grande quantité de ces pyrites, dont le grain reſſemble à celui du mauvais fer, mais qui n'en contiennent qu'une très-petite quantité, mêlée avec beaucoup d'acide vitriolique & plus ou moins de ſoufre.

CINQUIÈME MÉMOIRE.

EXPÉRIENCES

Sur les effets de la Chaleur obscure.

POUR reconnoître les effets de la chaleur obscure, c'est-à-dire, de la chaleur privée de lumière, de flamme & de feu libre, autant qu'il est possible, j'ai fait quelques expériences en grand, dont les résultats m'ont paru très-intéressans.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

ON a commencé sur la fin d'août 1772, à mettre des braises ardentes dans le creuset du grand fourneau qui sert à fondre la mine de fer pour la couler en gueuses, ces braises ont achevé de sécher les mortiers qui étoient faits de glaise mêlée par égale portion avec du sable vitrescible. Le fourneau avoit 23 pieds de hauteur: On a jeté par le gueulard (c'est ainsi qu'on appelle l'ouverture supérieure du fourneau) les charbons ardens que l'on tiroit des petits fourneaux d'expériences, on a mis successivement une assez grande quantité de ces braises pour remplir le bas du fourneau jusqu'à la cuve (c'est ainsi qu'on appelle l'endroit de la plus grande capacité du fourneau), ce qui dans celui-ci montoit à 7 pieds 2 pouces de hauteur perpendiculaire depuis le fond du creuset. Par ce moyen on a commencé de donner au fourneau une chaleur

modérée qui ne s'est pas fait sentir dans la partie la plus élevée.

Le 10 septembre, on a vidé toutes ces braises réduites en cendres par l'ouverture du creuset, & lorsqu'il a été bien nettoyé on y a mis quelques charbons ardens & d'autres charbons par-dessus, jusqu'à la quantité de 600 livres pesant; ensuite on a laissé prendre le feu, & le lendemain 11 septembre, on a achevé de remplir le fourneau avec 4800 livres de charbon; ainsi il contient en tout 5400 livres de charbon, qui y ont été portées en cent trente-cinq corbeilles de 40 livres chacune, tare faite.

On a laissé pendant ce temps l'entrée du creuset ouverte, & celle de la tuyère bien bouchée pour empêcher le feu de se communiquer aux soufflets. La première impression de la grande chaleur, produite par le long séjour des braises ardentes & par cette première combustion du charbon, s'est marquée par une petite fente qui s'est faite dans la pierre du fond à l'entrée du creuset, & par une autre fente qui s'est faite dans la pierre de la tympe. Le charbon néanmoins, quoique fort allumé dans le bas, ne l'étoit encore qu'à une très-petite hauteur, & le fourneau ne donnoit au gueulard qu'assez peu de fumée, ce même jour 12 septembre à six heures du soir; car cette ouverture supérieure n'étoit pas bouchée, non plus que l'ouverture du creuset.

A neuf heures du soir du même jour, la flamme a percé jusqu'au-dessus du fourneau, & comme elle est devenue très-vive en peu de temps, on a bouché l'ouverture du

creuset à dix heures du soir. La flamme quoique fort ralentie par cette suppression du courant de l'air, s'est soutenue pendant la nuit & le jour suivant; en sorte que le lendemain 13 septembre, vers les quatre heures du soir, le charbon avoit baissé d'un peu plus de 4 pieds. On a rempli ce vide à cette même heure avec onze corbeilles de charbon, pesant ensemble 440 livres; ainsi le fourneau a été chargé en tout de 5840 livres de charbon.

Ensuite on a bouché l'ouverture supérieure du fourneau avec un large couvercle de forte tôle, garnie tout autour avec du mortier de glaise & sable mêlé de poudre de charbon, & chargé d'un pied d'épaisseur de cette poudre de charbon mouillée; pendant que l'on bouchoit, on a remarqué que la flamme ne laissoit pas de retentir assez fortement dans l'intérieur du fourneau; mais en moins d'une minute la flamme a cessé de retentir, & l'on n'entendoit plus aucun bruit ni murmure, en sorte qu'on auroit pu penser que l'air n'ayant point d'accès dans la cavité du fourneau, le feu y étoit entièrement étouffé.

On a laissé le fourneau ainsi bouché par-tout, tant au-dessus qu'au-dessous, depuis le 13 septembre jusqu'au 28 du même mois, c'est-à-dire, pendant quinze jours. J'ai remarqué pendant ce temps, que quoiqu'il n'y eût point de flamme dans le fourneau, ni même de feu lumineux, la chaleur ne laissoit pas d'augmenter & de se communiquer autour de la cavité du fourneau.

Le 28 septembre, à dix heures du matin, on a débouché l'ouverture supérieure du fourneau avec précaution, dans

la crainte d'être suffoqué par la vapeur du charbon; j'ai remarqué avant de l'ouvrir, que la chaleur avoit gagné jusqu'à 4 pieds $\frac{1}{2}$ dans l'épaisseur du massif qui forme la tour du fourneau; cette chaleur n'étoit pas fort grande aux environs de la *bure* (c'est ainsi qu'on appelle la partie supérieure du fourneau qui s'élève au-dessus de son terre-plein). Mais à mesure qu'on approchoit de la cavité, les pierres étoient déjà si fort échauffées, qu'il n'étoit pas possible de les toucher un instant: les mortiers dans les joints des pierres étoient en partie brûlés, & il paroissoit que la chaleur étoit beaucoup plus grande encore dans le bas du fourneau, car les pierres du dessus de la tympe & de la tuyère, étoient excessivement chaudes dans toute leur épaisseur jusqu'à 4 ou 5 pieds.

Au moment qu'on a débouché le gueulard du fourneau, il en est sorti une vapeur suffoquante, dont il a fallu s'éloigner, & qui n'a pas laissé de faire mal à la tête à la plupart des assistans. Lorsque cette vapeur a été dissipée, on a mesuré de combien le charbon enfermé & privé d'air courant pendant quinze jours, avoit diminué, & l'on a trouvé qu'il avoit baissé de 14 pieds 5 pouces de hauteur; en sorte que le fourneau étoit vide dans toute sa partie supérieure jusqu'auprès de la cuve.

Ensuite j'ai observé la surface de ce charbon, & j'y ai vu une petite flamme qui venoit de naître, il étoit absolument noir & sans flamme auparavant. En moins d'une heure cette petite flamme bleuâtre est devenue rouge dans le centre, & s'élevoit alors d'environ 2 pieds au-dessus du charbon.

Une heure après avoir débouché le gueulard, j'ai fait déboucher l'entrée du creuſet : la première choſe qui s'eſt préſentée à cette ouverture n'a pas été du feu comme on auroit pu le préſumer, mais des ſcories provenans du charbon, & qui reſſembloient à du mâchefer léger; ce mâchefer étoit en aſſez grande quantité, & rempliſſoit tout l'intérieur du creuſet, depuis la tympe à la ruſtine; & ce qu'il y a de ſingulier, c'eſt que quoiqu'il ne ſe fût formé que par une grande chaleur, il avoit intercepté cette même chaleur au-deſſus du creuſet, en ſorte que les parties de ce mâchefer qui étoient au fond, n'étoient, pour ainſi dire, que tièdes; néanmoins elles s'étoient attachées au fond & aux parois du creuſet; & elles en avoient réduit en chaux quelques portions juſqu'à plus de trois ou quatre pouces de profondeur.

J'ai fait tirer ce mâchefer & l'ai fait mettre à part pour l'examiner; on a auſſi tiré la chaux du creuſet & des environs, qui étoit en aſſez grande quantité. Cette calcination qui s'eſt faite par ce feu ſans flamme, m'a paru provenir en partie de l'action de ces ſcories du charbon. J'ai penſé que ce feu ſourd & ſans flamme étoit trop ſec, & je crois que ſi j'avois mêlé quelque portion de laitier ou de terre vitreſcible avec le charbon, cette terre auroit ſervi d'aliment à la chaleur, & auroit rendu des matières fondantes qui auroient préſervé de la calcination la ſurface de l'ouvrage du fourneau.

Quoi qu'il en ſoit, il réſulte de cette expérience, que la chaleur ſeule, c'eſt-à-dire, la chaleur obſcure, renfermée,

& privée d'air autant qu'il eſt poſſible, produit néanmoins avec le temps des effets ſemblables à ceux du feu le plus actif & le plus lumineux. On ſait qu'il doit être violent pour calciner la pierre. Ici c'étoit de toutes les pierres calcaires la moins *calcinable*, c'eſt-à-dire, la *plus réſiſtante au feu*, que j'avois choiſie pour faire conſtruire l'ouvrage & la cheminée de mon fourneau; toute cette pierre d'ailleurs avoit été taillée & poſée avec ſoin, les plus petits quartiers avoient un pied d'épaiſſeur, un pied & demi de largeur, ſur trois & quatre pieds de longueur, & dans ce gros volume la pierre eſt encore bien plus difficile à calciner que quand elle eſt réduite en moellons. Cependant cette ſeule chaleur a non-ſeulement calciné ces pierres à près d'un demi-pied de profondeur dans la partie la plus étroite & la plus froide du fourneau, mais encore a brûlé en même temps les mortiers faits de glaiſe & de ſable ſans les faire fondre, ce que j'aurois mieux aimé, parce qu'alors les joints de la bâtiſſe du fourneau ſe ſeroient conſervés pleins, au lieu que la chaleur ayant ſuivi la route de ces joints, a encore calciné les pierres ſur toutes les faces des joints. Mais pour faire mieux entendre les effets de cette chaleur obſcure & concentrée, je dois obſerver: 1.° Que le maſſif du fourneau étant de 28 pieds d'épaiſſeur de deux faces, & de 24 pieds d'épaiſſeur des deux autres faces, & la cavité où étoit contenu le charbon n'ayant que 6 pieds dans ſa plus grande largeur, les murs pleins qui environnent cette cavité avoient 9 pieds d'épaiſſeur de maçonnerie à chaux & ſable aux parties les moins épaiſſes; que par conſéquent

on ne peut pas ſuppoſer qu'il ait paſſé de l'air à travers ces murs de 9 pieds: 2.° Que cette cavité qui contenoit le charbon, ayant été bouchée en bas à l'endroit de la coulée avec un mortier de glaiſe mêlé de ſable d'un pied d'épaiſſeur, & à la tuyère qui n'a que quelques pouces d'ouverture, avec ce même mortier dont on ſe ſert pour tous les bouchages; il n'eſt pas à préſumer qu'il ait pu entrer de l'air par ces deux ouvertures: 3.° Que le gueulard du fourneau ayant de même été fermé avec une plaque de forte tôle lutée, & recouverte avec le même mortier, ſur environ ſix pouces d'épaiſſeur, & encore environnée & ſurmontée de pouſſière de charbon mêlé avec ce mortier, ſur ſix autres pouces de hauteur, tout accès à l'air par cette dernière ouverture étoit interdit. On peut donc aſſurer qu'il n'y avoit point d'air circulant dans toute cette cavité, dont la capacité étoit de 330 pieds cubes, & que l'ayant remplie de 5400 livres de charbon, le feu étouffé dans cette cavité n'a pu ſe nourrir que de la petite quantité d'air contenue dans les intervalles que laiſſoient entr'eux les morceaux de charbon; & comme cette matière jetée l'une *ſur* l'autre laiſſe de très-grands vides, ſuppoſons moitié *ou même trois quarts*, *il n'y a donc eu dans cette* cavité que 165 *ou tout au plus* 248 *pieds* cubes d'air. Or, le feu du fourneau excité par les ſoufflets, conſomme cette quantité d'air en moins d'une demi-minute; & cependant il ſembleroit qu'elle a ſuffi pour entretenir pendant quinze jours la chaleur, & l'augmenter à peu-près au même point que celle du feu libre, puiſqu'elle a produit

la calcination des pierres à quatre pouces de profondeur dans le bas, & à plus de deux pieds de profondeur dans le milieu & dans toute l'étendue du fourneau, ainſi que nous le dirons tout-à-l'heure. Comme cela me paroiſſoit aſſez inconcevable, j'ai d'abord penſé qu'il falloit ajouter à ces 248 pieds cubes d'air, contenus dans la cavité du fourneau, toute la vapeur de l'humidité des murs que la chaleur concentrée n'a pu manquer d'attirer, & de laquelle il n'eſt guère poſſible de faire une *juſte eſtimation.* Ce ſont-là les ſeuls alimens, ſoit en air, ſoit en vapeurs aqueuſes que cette très-grande chaleur a conſommés pendant quinze jours; car il ne ſe dégage que peu ou point d'air du charbon dans ſa combuſtion, quoiqu'il s'en dégage plus d'un tiers du poids total du bois de chêne bien ſéché *(a)*; cet air fixe contenu dans le bois, en eſt chaſſé par la première opération du feu qui le convertit en charbon, & s'il en reſte, ce n'eſt qu'en ſi petite quantité qu'on ne peut pas la regarder comme le ſupplément de l'air qui manquoit ici à l'entretien du feu. Ainſi cette chaleur très-grande & qui s'eſt augmentée au point de calciner profondément les pierres, n'a été entretenue que par 248 pieds cubes d'air & par les vapeurs de l'humidité des murs; & quand nous ſuppoſerions le produit ſucceſſif de cette humidité cent fois plus conſidérable que le volume d'air contenu dans la cavité du fourneau, cela ne feroit toujours que 24800 pieds cubes de vapeurs propres à entretenir

(a) Hales, *Statique des Végétaux*, page 152.

la

la combuſtion ; quantité que le feu libre & animé par les ſoufflets conſommeroit en moins de 30 minutes, tandis que la chaleur ſourde ne la conſomme qu'en quinze jours.

Et ce qu'il eſt néceſſaire d'obſerver encore, c'eſt que le même feu libre & animé auroit conſumé en 11 ou 12 heures les 3600 livres de charbon que la chaleur obſcure n'a conſommé qu'en quinze jours, elle n'a donc eu que la trentième partie de l'aliment du feu libre, *puiſqu'il y a eu trente fois autant de temps employé à la conſommation de la matière combuſtible, & en même temps il y a eu environ ſept cents vingt fois moins d'air ou de vapeurs employées à cette combuſtion*. Néanmoins les effets de cette chaleur obſcure ont été les mêmes que ceux du feu libre, car il auroit fallu quinze jours de ce feu violent & animé pour calciner les pierres au même degré qu'elles l'ont été par la chaleur ſeule ; ce qui nous démontre d'une part l'immenſe déperdition de la chaleur lorſqu'elle s'exhale avec les vapeurs & la flamme, & d'autre part les grands effets qu'on peut attendre de ſa concentration, ou pour mieux dire, de ſa coërcion, de ſa détention. Car cette chaleur retenue & concentrée ayant produit les mêmes effets que le feu libre & violent, *avec trente fois moins de matière combuſtible & ſept cents vingt fois moins d'air*, & étant ſuppoſée en raiſon compoſée de ces deux élémens, on doit en conclure que dans nos grands fourneaux à fondre les mines de fer, *il ſe perd vingt-un mille fois plus de chaleur qu'il ne s'en applique, ſoit à la mine, ſoit aux parois du fourneau* ; en ſorte

qu'on imagineroit que les fourneaux de réverbère où la chaleur est plus concentrée, devroient produire le feu le plus puissant. Cependant j'ai acquis la preuve du contraire, nos mines de fer ne s'étant pas même aglutinées par le feu de réverbère de la glacerie de Rouelles en Bourgogne, tandis qu'elles fondent en moins de 12 heures au feu de mes fourneaux à soufflets : cette différence tient au principe que j'ai donné; le feu par sa vîtesse ou par son volume, produit des effets tous différens sur certaines substances telles que la mine de fer; tandis que sur d'autres substances telle que la pierre calcaire, il peut en produire de semblables. La fusion est en général une opération prompte qui doit avoir plus de rapport avec la vîtesse du feu que la calcination qui est presque toujours lente, & qui doit dans bien des cas avoir plus de rapport au volume du feu ou à son long séjour, qu'à sa vîtesse. On verra par l'expérience suivante, que cette même chaleur retenue & concentrée n'a fait aucun effet sur la mine de fer.

DEUXIÈME EXPÉRIENCE.

DANS ce même fourneau de 23 pieds de hauteur, après avoir fondu de la mine de fer pendant environ quatre mois, je fis couler les dernières gueuses en remplissant toujours avec du charbon, mais sans mine, afin d'en tirer toute la matière fondue; & quand je me fus assuré qu'il n'en restoit plus, je fis cesser le vent, boucher exactement l'ouverture de la tuyère & celle de la coulée qu'on maçonna avec de la brique & du mortier de glaise

mêlé de fable. Enfuite je fis porter fur le charbon autant de mine qu'il pouvoit en entrer dans le vide qui étoit au-deffus du fourneau ; il y en entra cette première fois vingt-fept mefures de 60 livres, c'eft-à-dire 1620 livres pour affleurer le niveau du gueulard, après quoi je fis boucher cette ouverture avec la même plaque de forte tôle & du mortier de glaife & fable, & encore de la poudre de charbon en grande quantité : on imagine bien quelle immenfe chaleur je renfermois ainfi dans le fourneau, tout le charbon en étoit allumé du haut en bas lorfque je fis ceffer le vent ; toutes les pierres des parois étoient rouges du feu qui les pénétroit depuis quatre mois ; toute cette chaleur ne pouvoit s'exhaler que par deux petites fentes qui s'étoient faites au mur du fourneau, & que je fis remplir de bon mortier, afin de lui ôter encore ces iffues ; trois jours après je fis déboucher le gueulard, & je vis, avec quelque furprife, que malgré cette chaleur immenfe renfermée dans le fourneau, le charbon ardent, quoique comprimé par la mine & chargé de 1620 livres, n'avoit baiffé que de 16 pouces en trois jours ou 72 heures. Je fis fur le champ remplir ces 16 pouces de vide avec 25 mefures de mine, pefantes enfemble 1500 livres. Trois jours après je fis déboucher cette même ouverture du gueulard, & je trouvai le même vide de 16 pouces, & par conféquent la même diminution, ou fi l'on veut, le même affaiffement du charbon ; je fis remplir de même avec 1500 livres de mine, ainfi il y en avoit déjà 4620 livres fur le charbon qui étoit tout embrafé lorfqu'on avoit

commencé de fermer le fourneau. Six jours après je fis déboucher le gueulard pour la troisième fois, & je trouvai que pendant ces six jours le charbon n'avoit baissé que de 20 pouces, que l'on remplit avec 1860 livres de mine ; enfin neuf jours après on déboucha pour la quatrième fois, & je vis que pendant ces neuf derniers jours le charbon n'avoit baissé que de 21 pouces, que je fis remplir de 1920 livres de mine ; ainsi il y en avoit en tout 8400 livres : on referma le gueulard avec les mêmes précautions, & le lendemain, c'est-à-dire vingt-deux jours après avoir bouché pour la première fois, je fis rompre la petite maçonnerie de briques qui bouchoit l'ouverture de la coulée en laissant toujours fermée celle du gueulard, afin d'éviter le courant d'air qui auroit enflammé le charbon. La première chose que l'on tira par l'ouverture de la coulée, furent des morceaux réduits en chaux dans l'ouvrage du fourneau ; on y trouva aussi quelques petits morceaux de mâchefer, quelques autres d'une fonte mal digérée, & environ une livre & demie de très-bon fer qui s'étoit formé par coagulation. On tira près d'un tombereau de toutes ces matières, parmi lesquelles il y avoit aussi quelques morceaux de mine brûlée & presque réduite en mauvais laitier; cette mine brûlée ne provenoit pas de celle que j'avois fait imposer sur les charbons après avoir fait cesser le vent, mais de celle qu'on y avoit jetée sur la fin du fondage, qui s'étoit attachée aux parois du fourneau, & qui ensuite étoit tombée dans le creuset avec les parties de pierres calcinées auxquelles elle étoit unie.

Après avoir tiré ces matières, on fit tomber le charbon; le premier qui parut étoit à peine rouge; mais dès qu'il eut de l'air, il devint très-rouge; on ne perdit pas un instant à le tirer, & on l'éteignoit en même temps en jetant de l'eau dessus. Le gueulard étant toujours bien fermé, on tira tout le charbon par l'ouverture de la coulée, & aussi toute la mine dont je l'avois fait charger. La quantité de ce charbon tiré du fourneau, montoit à cent quinze *corbeilles*; en sorte que pendant ces vingt-deux jours d'une chaleur si violente, il paroissoit qu'il ne s'en étoit consumé que dix-sept corbeilles, car toute la capacité du fourneau n'en contient que cent trente-cinq; & comme il y avoit 16 pouces $\frac{1}{2}$ de vide lorsqu'on le boucha, il faut déduire deux corbeilles qui auroient été nécessaires pour remplir ce vide.

Étonné de cette excessivement petite consommation du charbon pendant vingt-deux jours de l'action de la plus violente chaleur qu'on eût jamais enfermée, je regardai ces charbons de plus près, & je vis que quoiqu'ils eussent aussi peu perdu sur leur volume, ils avoient beaucoup perdu sur leur masse, & que quoique l'eau avec laquelle on les avoit éteints leur eût rendu du poids, ils étoient encore d'environ *un tiers plus légers* que quand on les avoit jetés au fourneau; cependant les ayant fait transporter aux petites chaufferies des martinets & de la batterie, ils se trouvèrent encore assez bons pour chauffer, même à blanc, les petites barres de fer qu'on fait passer sous ces marteaux.

On avoit tiré la mine en même temps que le charbon, & on l'avoit soigneusement séparée & mise à part; la très-violente chaleur qu'elle avoit essuyée pendant un si long temps ne l'avoit ni fondue ni brûlée, ni même aglutinée, le grain en étoit seulement devenu plus propre & plus luisant; le sable vitrescible & les petits cailloux dont elle étoit mêlée ne s'étoient point fondus, & il me parut qu'elle n'avoit perdu que l'humidité qu'elle contenoit auparavant, car elle n'avoit guère diminué que d'un cinquième en poids & d'environ un vingtième en volume, & cette dernière quantité s'étoit perdue dans les charbons.

Il résulte de cette expérience: 1.° Que la plus violente chaleur & la plus concentrée pendant un très-long temps, ne peut, sans le secours & le renouvellement de l'air, fondre la mine de fer, ni même le sable vitrescible, tandis qu'une chaleur de même espèce & beaucoup moindre peut calciner toutes les matières calcaires: 2.° Que le charbon pénétré de chaleur ou de feu, commence à diminuer de masse long-temps avant de diminuer de volume, & que ce qu'il perd le premier, sont les parties les plus combustibles qu'il contient. Car en comparant cette seconde expérience avec la première, comment se pourroit-il que la même quantité de charbon se consomme plus vîte avec une chaleur très-médiocre, qu'à une chaleur de la dernière violence, toutes deux également privées d'air, également retenues & concentrées dans le même vaisseau clos? Dans la première expérience, le charbon qui, dans une cavité presque froide, n'avoit éprouvé que la

légère impreſſion d'un feu qu'on avoit étouffé au moment que la flamme s'étoit montrée, avoit néanmoins diminué des deux tiers en quinze jours ; tandis que le même charbon enflammé autant qu'il pouvoit l'être par le vent des ſoufflets, & recevant encore la chaleur immenſe des pierres rouges de feu dont il étoit environné, n'a pas diminué d'un ſixième pendant vingt-deux jours. Cela ſeroit inexplicable ſi l'on ne faiſoit pas attention que, *dans le premier cas*, le charbon avoit toute ſa denſité, & contenoit toutes ſes parties combuſtibles; au lieu que dans le ſecond cas où il étoit dans l'état de la plus forte incandeſcence, toutes ſes parties les plus combuſtibles étoient déjà brûlées. Dans la première expérience, la chaleur, d'abord très-médiocre, alloit toujours en augmentant à meſure que la combuſtion augmentoit & ſe communiquoit de plus en plus à la maſſe entière du charbon. Dans la ſeconde expérience, la chaleur exceſſive alloit en diminuant à meſure que le charbon achevoit de brûler, & il ne pouvoit plus donner autant de chaleur, parce que ſa combuſtion étoit fort avancée au moment qu'on l'avoit enfermé. C'eſt-là la vraie cauſe de cette différence d'effets. Le charbon *dans la première expérience*, contenant toutes ſes parties *combuſtibles*, *brûloit* mieux & ſe conſumoit plus vîte que celui de la ſeconde expérience, qui ne contenoit preſque plus de matière combuſtible, & ne pouvoit augmenter ſon feu ni même l'entretenir au même degré que par l'emprunt de celui des murs du fourneau ; c'eſt par cette ſeule raiſon que la combuſtion alloit toujours

en diminuant, & qu'au total elle a été beaucoup moindre & plus lente que l'autre qui alloit toujours en augmentant & qui s'est faite en moins de temps. Lorsque tout accès est fermé à l'air, & que les matières renfermées n'en contiennent que peu ou point dans leur substance, elles ne se consumeront pas, quelque violente que soit la chaleur; mais s'il reste une certaine quantité d'air entre les interstices de la matière combustible, *elle se consumera d'autant plus vîte & d'autant plus qu'elle pourra fournir elle-même une plus grande quantité d'air*: 3.° Il résulte encore de ces expériences, que la chaleur la plus violente, dès qu'elle n'est pas nourrie, produit moins d'effet que la plus petite chaleur qui trouve de l'aliment; la première est pour ainsi dire une chaleur morte qui ne se fait sentir que par sa déperdition; l'autre est un feu vivant qui s'accroît à proportion des alimens qu'il consume. Pour reconnoître ce que cette chaleur morte, c'est-à-dire cette chaleur dénuée de tout aliment pouvoit produire, j'ai fait l'expérience suivante.

TROISIÈME EXPÉRIENCE.

APRÈS avoir tiré du fourneau, par l'ouverture de la coulée, tout le charbon qui y étoit contenu, & l'avoir entièrement vidé de mine & de toute autre matière, je fis maçonner de nouveau cette ouverture & boucher avec le plus grand soin celle du gueulard en haut, toutes les pierres des parois du fourneau étant encore excessivement chaudes; l'air ne pouvoit donc entrer dans le fourneau

pour

pour le rafraîchir, & la chaleur ne pouvoit en sortir qu'à travers des murs de plus de 9 pieds d'épaisseur; d'ailleurs il n'y avoit dans sa cavité, qui étoit absolument vide, aucune matière combustible, ni même aucune autre matière. Observant donc ce qui arriveroit, je m'aperçus que tout l'effet de la chaleur se portoit en haut, & que quoique cette chaleur ne fût pas du feu vivant ou nourri par aucune matière combustible, elle fit rougir en peu de temps la forte plaque de tôle qui couvroit le gueulard; que cette incandescence donnée par la chaleur obscure à cette large pièce de fer se communiqua par le contact à toute la masse de poudre de charbon qui recouvroit les mortiers de cette plaque & enflamma du bois que je fis mettre dessus. Ainsi la seule évaporation de cette chaleur obscure & morte, qui ne pouvoit sortir que des pierres du fourneau, produisit ici le même effet que le feu vif & nourri. Cette chaleur tendant toujours en haut & se réunissant toute à l'ouverture du gueulard au-dessous de la plaque de fer, la rendit rouge, lumineuse & capable d'enflammer des matières combustibles. D'où l'on doit conclure qu'en augmentant la masse de la chaleur obscure, on peut produire de la lumière de la même manière qu'en augmentant la masse de la lumière on produit de la chaleur; que dès-lors ces deux substances sont réciproquement convertibles de l'une en l'autre, & toutes deux nécessaires à l'élément du feu.

Lorsqu'on enleva cette plaque de fer qui couvroit l'ouverture supérieure du fourneau & que la chaleur avoit fait

rougir, il en sortit une vapeur légère & qui parut enflammée, mais qui se dissipa dans un instant : j'observai alors les pierres des parois du fourneau, elles me parurent calcinées en très-grande partie & très-profondément ; & en effet ayant laissé refroidir le fourneau pendant dix jours, elles se sont trouvées calcinées jusqu'à deux pieds, & même deux pieds & demi de profondeur, ce qui ne pouvoit provenir que de la chaleur que j'y avois renfermée pour faire mes expériences ; attendu que dans les autres fondages le feu animé par les soufflets n'avoit jamais calciné les mêmes pierres à plus de huit pouces d'épaisseur dans les endroits où il est le plus vif, & seulement à deux ou trois pouces dans tout le reste, au lieu que toutes les pierres, depuis le creuset jusqu'au terre-plein du fourneau, ce qui fait une hauteur de vingt pieds, étoient généralement réduites en chaux d'un pied & demi, de deux pieds, & même de deux pieds & demi d'épaisseur : comme cette chaleur renfermée n'avoit pu trouver d'issue, elle avoit pénétré les pierres bien plus profondément que la chaleur courante.

On pourroit tirer de cette expérience les moyens de cuire la pierre & de faire de la chaux à moindres frais, c'est-à-dire, de diminuer de beaucoup la quantité de bois en se servant d'un fourneau bien fermé au lieu de fourneaux ouverts ; il ne faudroit qu'une petite quantité de charbon pour convertir en chaux, dans moins de quinze jours, toutes les pierres contenues dans le fourneau, & les murs même du fourneau à plus d'un pied d'épaisseur, s'il étoit bien exactement fermé.

Dès que le fourneau fut assez refroidi pour permettre aux ouvriers d'y travailler, on fut obligé d'en démolir tout l'intérieur du haut en bas, sur une épaisseur circulaire de quatre pieds, on en tira 54 muids de chaux, sur laquelle je fis les observations suivantes: 1.° toute cette pierre, dont la calcination s'étoit faite à feu lent & concentré, n'étoit pas devenue aussi légère que la pierre calcinée à la manière ordinaire; celle-ci, comme je l'ai dit, perd à très-peu près la moitié de son poids, & celle de mon fourneau n'en avoit perdu qu'environ trois huitièmes; 2.° elle ne saisit pas l'eau avec la même avidité que la chaux vive ordinaire; lorsqu'on l'y plonge, elle ne donne d'abord aucun signe de chaleur ni d'ébullition, mais peu après elle se gonfle, se divise & s'élève, en sorte qu'on n'a pas besoin de la remuer comme on remue la chaux vive ordinaire pour l'éteindre; 3.° cette chaux a une saveur beaucoup plus âcre que la chaux commune, elle contient par conséquent beaucoup plus d'alkali fixe; 4.° elle est infiniment meilleure, plus liante & plus forte que l'autre chaux, & tous les ouvriers n'en emploient qu'environ les deux tiers de l'autre, & assurent que le mortier est encore excellent; 5.° cette chaux ne s'éteint à l'air qu'après un temps très-long, tandis qu'il ne faut qu'un jour ou deux pour réduire la chaux vive commune en poudre à l'air libre, celle-ci résiste à l'impression de l'air pendant un mois ou cinq semaines; 6.° au lieu de se réduire en farine ou en poussière sèche comme la chaux commune, elle conserve son volume, & lorsqu'on la divise en l'écrasant,

toute la maſſe paroît ductile & pénétrée d'une humidité graſſe & liante, qui ne peut provenir que de l'humide de l'air que la pierre a puiſſamment attiré & abſorbé pendant les cinq ſemaines de temps employées à ſon extinction: Au reſte, la chaux que l'on tire communément des fourneaux de forge a toutes ces mêmes propriétés; ainſi la chaleur obſcure & lente produit encore ici les mêmes effets que le feu le plus vif & le plus violent.

Il ſortit de cette démolition de l'intérieur du fourneau, 232 quartiers de pierre de taille tous calcinés plus ou moins profondément; ces quartiers avoient communément quatre pieds de longueur, la plupart étoient en chaux juſqu'à dix-huit pouces, & les autres à deux pieds, & même deux pieds & demi, & cette portion calcinée ſe ſéparoit aiſément du reſte de la pierre qui étoit ſaine & même plus dure que quand on l'avoit poſée pour bâtir le fourneau. Cette obſervation m'engagea à faire les expériences ſuivantes.

QUATRIÈME EXPÉRIENCE.

JE fis peſer dans l'air & dans l'eau trois morceaux de ces pierres qui, comme l'on voit, avoient ſubi la plus grande chaleur qu'elles puſſent éprouver ſans ſe réduire en chaux, & j'en comparai la peſanteur ſpécifique avec celle de trois autres morceaux à peu-près du même volume, que j'avois fait prendre dans d'autres quartiers de cette même pierre qui n'avoient point été employés à la conſtruction du fourneau, ni par conſéquent chauffés, mais qui avoient été tirés de la même carrière neuf mois

auparavant, & qui étoient reſtés à l'expoſition du ſoleil & de l'air. Je trouvai que la peſanteur ſpécifique des pierres échauffées à ce grand feu pendant cinq mois avoit augmenté, qu'elle étoit conſtamment plus grande que celle de la même pierre non échauffée, d'un 81.^e ſur le premier morceau, d'un 90.^e ſur le ſecond, & d'un 85.^e ſur le troiſième; donc la pierre chauffée au degré voiſin de celui de ſa calcination gagne au moins un 86.^e de maſſe, au lieu qu'*elle* en perd trois huitièmes par la calcination qui ne ſuppoſe qu'un degré de chaleur de plus. Cette différence ne peut venir que de ce qu'à un certain degré de violente chaleur ou de feu, tout l'air & toute l'eau transformés en matière fixe dans la pierre, reprennent leur première nature, leur élaſticité, leur volatilité, & que dès-lors ils ſe dégagent de la pierre & s'élèvent en vapeurs, que le feu enlève & entraîne avec lui. Nouvelle preuve que la pierre calcaire eſt en très-grande partie compoſée d'air fixe & d'eau fixe ſaiſis & transformés en matière ſolide par le filtre animal.

Après ces expériences j'en fis d'autres ſur cette même pierre échauffée à un moindre degré de chaleur, mais pendant *un temps auſſi long*; je fis détacher pour cela trois morceaux des parois extérieures de la lunette de la tuyère, dans un endroit où la chaleur étoit à peu-près de 95 degrés, parce que le ſoufre appliqué contre la muraille s'y ramolliſſoit & commençoit à fondre, & que ce degré de *chaleur* eſt à très-peu près celui auquel le ſoufre entre en *fuſion*. Je trouvai par trois épreuves ſemblables aux

précédentes, que cette même pierre chauffée à ce degré pendant cinq mois, avoit augmenté en pesanteur spécifique d'un 65^e^, c'est-à-dire, de presque un quart de plus que celle qui avoit éprouvé le degré de chaleur voisin de celui de la calcination, & je conclus de cette différence que l'effet de la calcination commençoit à se préparer dans la pierre qui avoit subi le plus grand feu, au lieu que celle qui n'avoit éprouvé qu'une moindre chaleur, avoit conservé toutes les parties fixes qu'elle y avoit déposées.

Pour me satisfaire pleinement sur ce sujet, & reconnoître si toutes les pierres calcaires augmentent en pesanteur spécifique par une chaleur constamment & long-temps appliquée, je fis six nouvelles épreuves sur deux autres espèces de pierres. Celle dont étoit construit l'intérieur de mon fourneau, & qui a servi aux expériences précédentes, s'appelle dans le pays *pierre à feu*, parce qu'elle résiste plus à l'action du feu que toutes les autres pierres calcaires. Sa substance est composée de petits graviers calcaires liés ensemble par un ciment pierreux qui n'est pas fort dur, & qui laisse quelques interstices vides; sa pesanteur est néanmoins plus grande que celle des autres pierres calcaires d'environ un 20^e^. En ayant éprouvé plusieurs morceaux au feu de mes chaufferies, il a fallu pour les calciner plus du double du temps de celui qu'il falloit pour réduire en chaux les autres pierres; on peut donc être assuré que les expériences précédentes ont été faites sur la pierre calcaire la plus résistante au feu. Les pierres auxquelles je vais la comparer, étoient aussi de très-bonnes pierres calcaires

dont on fait la plus belle taille pour les bâtimens, l'une a le grain fin & presque aussi serré que celui du marbre; l'autre a le grain un peu plus gros, mais toutes deux sont compactes & pleines, toutes deux font de l'excellente chaux grise, plus liante & plus forte que la chaux commune qui est plus blanche.

En pesant dans l'air & dans l'eau trois morceaux chauffés & trois autres non chauffés de cette première pierre dont le grain étoit le plus fin, j'ai trouvé qu'elle avoit gagné un 56.^{e} en pesanteur spécifique, par l'application constante pendant cinq mois d'une chaleur d'environ 90 degrés, ce que j'ai reconnu, parce qu'elle étoit voisine de celle dont j'avois fait casser les morceaux dans la voûte extérieure du fourneau, & que le soufre ne fondoit plus contre ses parois; en ayant donc fait enlever trois morceaux encore chauds pour les peser, & comparer avec d'autres morceaux de la même pierre qui étoient restés exposés à l'air libre, j'ai vu que l'un des morceaux avoit augmenté d'un 60^e; le second d'un 62^e; le troisième d'un 56^e. Ainsi cette pierre à grain très-fin a augmenté en pesanteur spécifique de près d'un tiers de plus que la pierre à feu chauffée au degré voisin de celui de la calcination, & aussi d'environ un 7.^{e} de plus que cette même pierre à feu chauffée à 95 degrés, c'est-à-dire, à une chaleur à peu-près égale.

La seconde pierre, dont le grain étoit moins fin, formoit une assise entière de la voûte extérieure du fourneau, & je fus maître de choisir les morceaux dont j'avois besoin

pour l'expérience, dans un quartier qui avoit ſubi pendant le même temps de cinq mois le même degré 95 de chaleur que la pierre à feu; en ayant donc fait caſſer trois morceaux, & m'étant muni de trois autres qui n'avoient pas été chauffés, je trouvai que l'un de ces morceaux chauffés avoit augmenté d'un 54^e^; le ſecond d'un 63^e^; & le troiſième d'un 66^e^; ce qui donne pour la meſure moyenne un 61^e^ d'augmentation en peſanteur ſpécifique.

Il réſulte de ces expériences, 1.° que toute pierre calcaire chauffée pendant long-temps, acquiert de la maſſe & devient plus peſante; cette augmentation ne peut venir que des particules de chaleur qui la pénètrent & s'y uniſſent par leur longue réſidence, & qui dès-lors en deviennent partie conſtituante ſous une forme fixe: 2.° que cette augmentation de peſanteur ſpécifique étant d'un 61.^e^ ou d'un 56.^e^ ou d'un 65.^e^ ne ſe trouve varier ici que par la nature des différentes pierres; que celles dont le grain eſt le plus fin, ſont celles dont la chaleur augmente le plus la maſſe, & dans leſquelles les pores étant plus petits, elle ſe fixe plus aiſément & en plus grande quantité: 3.° que la quantité de chaleur qui ſe fixe dans la pierre eſt encore bien plus grande que ne le déſigne ici l'augmentation de la maſſe; car la chaleur avant de ſe fixer dans la pierre, a commencé par en chaſſer toutes les parties humides qu'elle contenoit, on ſait qu'en diſtillant la pierre calcaire dans une cornue bien fermée, on tire de l'eau pure juſqu'à concurrence d'un ſeizième de ſon poids: mais comme une chaleur de 95 degrés, quoiqu'appliquée pendant cinq mois, pourroit

néanmoins

néanmoins produire à cet égard de moindres effets que le feu violent qu'on applique au vaisseau dans lequel on distille la pierre, réduisons de moitié & même des trois quarts cette quantité d'eau enlevée à la pierre par la chaleur de 95 degrés, on ne pourra pas disconvenir que la quantité de chaleur qui s'est fixée dans cette pierre, ne soit d'abord d'un 60.^{e} indiqué par l'augmentation de la pesanteur spécifique, & encore d'un 64.^{e} pour le quart de la quantité d'eau qu'elle contenoit, & que cette chaleur aura fait sortir; en sorte qu'on peut assurer, sans craindre de se tromper, que la chaleur qui pénètre dans la pierre lui étant appliquée pendant long-temps, s'y fixe en assez grande quantité pour en augmenter la masse tout au moins d'un trentième, même dans la supposition qu'elle n'ait chassé pendant ce long temps que le quart de l'eau que la pierre contenoit.

CINQUIÈME EXPÉRIENCE.

TOUTES les pierres calcaires dont la pesanteur spécifique augmente par la longue application de la chaleur, acquièrent par cette espèce de desséchement plus de dureté qu'elles n'en avoient auparavant. Voulant reconnoître si cette dureté seroit durable, & si elles ne perdroient pas avec le temps, non-seulement cette qualité, mais celle de l'augmentation de densité qu'elles avoient acquise par la chaleur; je fis exposer aux injures de l'air plusieurs parties des trois espèces de pierres qui avoient servi aux expériences précédentes, & qui toutes avoient été plus ou moins chauffées pendant cinq mois. Au bout de quinze

jours, pendant lesquels il y avoit eu des pluies, je les fis sonder & frapper au marteau par le même ouvrier qui les avoit trouvées très-dures quinze jours auparavant; il reconnut avec moi que la pierre à feu qui étoit la plus poreuse, & dont le grain étoit le plus gros, n'étoit déjà plus aussi dure & qu'elle se laissoit travailler plus aisément. Mais les deux autres espèces, & sur-tout celle dont le grain étoit le plus fin, avoient conservé la même dureté, néanmoins elles la perdirent en moins de six semaines. Et les ayant fait alors éprouver à la balance hydrostatique, je reconnus qu'elles avoient aussi perdu une assez grande quantité de la matière fixe que la chaleur y avoit déposée. Néanmoins au bout de plusieurs mois elles étoient toujours spécifiquement plus pesantes d'un 150.e ou d'un 160.e que celles qui n'avoient point été chauffées. La différence devenant alors trop difficile à saisir entre ces morceaux & ceux qui n'avoient pas été chauffés, & qui tous étoient également exposés à l'air, je fus forcé de borner là cette expérience; mais je suis persuadé qu'avec beaucoup de temps ces pierres auroient perdu toute leur pesanteur acquise. Il en est de même de la dureté, après quelques mois d'exposition à l'air, les ouvriers les ont traitées tout aussi aisément que les autres pierres de même espèce qui n'avoient point été chauffées.

Il résulte de cette expérience, que les particules de chaleur qui se fixent dans la pierre, n'y sont, comme je l'ai dit, unies que par force; que quoiqu'elle les conserve après son entier refroidissement & pendant assez long-

temps, si on la préserve de toute humidité; elle les perd néanmoins peu-à-peu par les impressions de l'air & de la pluie, sans doute parce que l'air & l'eau ont plus d'affinité avec la pierre que les parties de la chaleur qui s'y étoient logées. Cette chaleur fixe n'est plus active, elle est pour ainsi dire morte, & entièrement passive; dès-lors bien loin de pouvoir chasser l'humidité, celle-ci la chasse à son tour & reprend toutes les places qu'elle lui avoit cédées. Mais dans d'autres matières qui n'ont pas avec l'eau autant d'affinité que la pierre calcaire, cette chaleur une fois fixée n'y demeure-t-elle pas constamment & à toujours? c'est ce que j'ai cherché à constater par l'expérience suivante.

SIXIÈME EXPÉRIENCE.

J'AI pris plusieurs morceaux de fonte de fer que j'ai fait casser dans les gueuses qui avoient servi plusieurs fois à soutenir les parois de la cheminée de mon fourneau, & qui par conséquent avoient été chauffées trois fois pendant quatre ou cinq mois de suite au degré de chaleur qui calcine la pierre, car ces gueuses avoient soutenu les pierres ou les briques de l'intérieur du fourneau, & n'étoient défendues de l'action immédiate du feu que par une pierre épaisse de trois ou quatre pouces qui formoit le dernier rang des étalages du fourneau; ces dernières pierres, ainsi que toutes les autres dont les étalages étoient construits, s'étoient réduites en chaux à chaque fondage, & la calcination avoit toujours pénétré de près de huit

pouces dans celles qui étoient expoſées à la plus violente action du feu; ainſi les gueuſes qui n'étoient recouvertes que de quatre pouces par ces pierres, avoient certainement ſubi le même degré de feu que celui qui produit la parfaite calcination de la pierre, & l'avoient, comme je l'ai dit, ſubi trois fois pendant quatre ou cinq mois de ſuite. Les morceaux de cette fonte de fer, que je fis caſſer ne ſe ſéparèrent du reſte de la gueuſe qu'à coups de maſſe très-réitérés, au lieu que des gueuſes de cette même fonte, mais qui n'avoient pas ſubi l'action du feu, étoient très-caſſantes & ſe ſéparoient en morceaux aux premiers coups de maſſe; je reconnus dès-lors que cette fonte chauffée à un auſſi grand feu & pendant ſi long-temps, avoit acquis beaucoup plus de dureté & de ténacité qu'elle n'en avoit auparavant, beaucoup plus même à proportion que n'en avoient acquis les pierres calcaires. Par ce premier indice je jugeai que je trouverois une différence encore plus grande dans la peſanteur ſpécifique de cette fonte ſi long-temps échauffée. Et en effet, le premier morceau que j'éprouvai à la balance hydroſtatique, peſoit dans l'air 4 livres 4 onces 3 gros, ou 547 gros; le même morceau peſoit dans l'eau 3 livres 11 onces 2 gros $\frac{1}{2}$, c'eſt-à-dire, 474 gros $\frac{1}{2}$, la différence eſt de 72 gros $\frac{1}{2}$; l'eau dont je me ſervois pour mes expériences peſoit exactement 70 livres le pied cube, & le volume d'eau déplacé par celui du morceau de cette fonte, peſoit 72 gros $\frac{1}{2}$: ainſi 72 gros $\frac{1}{2}$, poids du volume de l'eau déplacée par le morceau de fonte, ſont à 70 livres poids du pied cube de l'eau, comme 547 gros poids du

morceau de fonte, sont à 528 livres 2 onces 1 gros 47 grains poids du pied cube de cette fonte : & ce poids excède beaucoup celui de cette même fonte lorsqu'elle n'a pas été chauffée, c'est une fonte blanche qui communément est très-cassante, & dont le poids n'est que de 495 ou 500 livres tout au plus ; ainsi la pesanteur spécifique se trouve augmentée de 28 sur 500 par cette très-longue application de la chaleur, ce qui fait environ un dix-huitième de la masse ; je me suis assuré de cette grande différence par cinq épreuves successives pour lesquelles j'ai eu attention de prendre toujours des morceaux pesans chacun quatre livres au moins & comparés un à un avec des morceaux de même figure & d'un volume à peu-près égal : car quoiqu'il paroisse qu'ici la différence du volume, quelque grande qu'elle soit, ne devroit rien faire, & ne peut influer sur le résultat de l'opération de la balance hydrostatique ; cependant ceux qui sont exercés à la manier se seront aperçus, comme moi, que les résultats sont toujours plus justes lorsque les volumes des matières qu'on compare ne sont pas bien plus grands l'un que l'autre. L'eau, quelque fluide qu'elle nous paroisse, a néanmoins un certain petit degré de ténacité qui influe plus ou moins sur des volumes plus ou moins grands. D'ailleurs il y a très-peu de matières qui soient parfaitement homogènes ou égales en pesanteur dans toutes les parties extérieures du volume qu'on soumet à l'épreuve ; ainsi pour obtenir un résultat sur lequel on puisse compter précisément, il faut toujours comparer des morceaux d'un volume approchant,

& d'une figure qui ne ſoit pas bien différente ; car ſi d'une part on peſoit un globe de fer de deux livres, & d'autre part une feuille de tôle du même poids, on trouveroit à la balance hydroſtatique leur peſanteur ſpécifique différente, quoiqu'elle fût réellement la même.

Je crois que quiconque réfléchira ſur les expériences précédentes & ſur leurs réſultats, ne pourra diſconvenir que la chaleur très-long-temps appliquée aux différens corps qu'elle pénètre, ne dépoſe dans leur intérieur une très-grande quantité de particules qui deviennent parties conſtituantes de leur maſſe, & qui s'y uniſſent & y adhèrent d'autant plus que les matières ſe trouvent avoir avec elles plus d'affinité & d'autres rapports de nature. Auſſi me trouvant muni de ces expériences, je n'ai pas craint d'avancer dans mon Traité des Élémens, que les molécules de la chaleur ſe fixoient dans tous les corps, comme s'y fixent celles de la lumière & celles de l'air, dès qu'il eſt accompagné de chaleur ou de feu.

SIXIÈME MÉMOIRE.

EXPÉRIENCES SUR LA LUMIÈRE, Et ſur la Chaleur qu'elle peut produire.

ARTICLE PREMIER.

INVENTION de Miroirs pour brûler à de grandes diſtances.

L'HISTOIRE des miroirs ardens d'Archimède, eſt fameuſe ; il les inventa pour la défenſe de ſa patrie, & il lança, diſent les Anciens, le feu du Soleil ſur la flotte ennemie qu'il réduiſit en cendres lorſqu'elle approcha des remparts de Syracuſe; mais cette hiſtoire dont on n'a pas douté pendant quinze ou ſeize ſiècles, a d'abord été contredite, & enſuite traitée de fable dans ces derniers temps. Deſcartes né pour juger, & même pour ſurpaſſer Archimède, a prononcé contre lui d'un ton de maître; il a nié la poſſibilité de l'invention, & ſon opinion a prévalu ſur les témoignages & ſur la croyance de toute l'antiquité: les Phyſiciens modernes, ſoit par reſpect pour leur Philoſophe, ſoit par complaiſance pour leurs contemporains, ont été de même avis. On n'accorde guère aux Anciens que ce qu'on ne peut leur ôter; déterminés peut-être par ces motifs, dont l'amour propre ne ſe ſert que trop ſouvent ſans qu'on s'en aperçoive,

n'avons-nous pas naturellement trop de penchant à refuſer ce que nous devons à ceux qui nous ont précédés ! & ſi notre ſiècle refuſe plus qu'un autre, ne ſeroit-ce pas qu'étant plus éclairé il croit avoir plus de droit à la gloire, plus de prétentions à la ſupériorité !

Quoi qu'il en ſoit, cette invention étoit dans le cas de pluſieurs autres découvertes de l'antiquité qui ſe ſont évanouies, parce qu'on a préféré la facilité de les nier à la difficulté de les retrouver ; & les miroirs ardens d'Archimède étoient ſi décriés, qu'il ne paroiſſoit pas poſſible d'en rétablir la réputation, car, pour appeler du jugement de Deſcartes, il falloit quelque choſe de plus fort que des raiſons, & il ne reſtoit qu'un moyen ſûr & déciſif, à la vérité, mais difficile & hardi, c'étoit d'entreprendre de trouver les miroirs, c'eſt-à-dire, d'en faire qui puſſent produire les mêmes effets ; j'en avois conçu depuis long-temps l'idée, & j'avouerai volontiers que le plus difficile de la choſe étoit de la voir poſſible, puiſque dans l'exécution j'ai réuſſi au-delà même de mes eſpérances.

J'ai donc cherché le moyen de faire des miroirs pour brûler à de grandes diſtances, comme de 100, de 200 & 300 pieds ; je ſavois en général qu'avec les miroirs par réflexion, l'on n'avoit jamais brûlé qu'à 15 ou 20 pieds tout au plus ; & qu'avec ceux qui ſont réfringens, la diſtance étoit encore plus courte, & je ſentois bien qu'il étoit impoſſible dans la pratique de travailler un miroir de métal ou de verre avec aſſez d'exactitude pour brûler à ces grandes diſtances ; que pour brûler, par

exemple,

exemple, à 200 pieds, la ſphère ayant dans ce cas 800 pieds de diamètre, on ne pouvoit rien eſpérer de la méthode ordinaire de travailler les verres, & je me perſuadai bientôt que quand même on pourroit en trouver une nouvelle pour donner à de grandes pièces de verre ou de métal, une courbure auſſi légère, il n'en réſulteroit encore qu'un avantage très-peu conſidérable, comme je le dirai dans la ſuite.

Mais pour aller par ordre, je cherchai d'abord combien la lumière du Soleil perdoit par la réflexion à différentes diſtances, & quelles ſont les matières qui la réfléchiſſent le plus fortement. Je trouvai premièrement que les glaces étamées, lorſqu'elles ſont polies avec un peu de ſoin, réfléchiſſent plus puiſſamment la lumière que les métaux les mieux polis, & même mieux que le métal composé dont on ſe ſert pour faire des miroirs de téleſcopes; & que quoiqu'il y ait dans les glaces deux réflexions, l'une à la ſurface & l'autre à l'intérieur, elles ne laiſſent pas de donner une lumière plus vive & plus nette que le métal, qui produit une lumière colorée.

En ſecond lieu, en recevant la lumière du Soleil dans un endroit obſcur, & en la comparant avec cette même lumière du Soleil réfléchie par une glace, je trouvai qu'à de petites diſtances, comme de quatre ou cinq pieds, elle ne perdoit qu'environ moitié par la réflexion, ce que je jugeai en faiſant tomber ſur la première lumière réfléchie, une ſeconde lumière auſſi réfléchie: car la vivacité de ces deux lumières réfléchies, me parut égale à celle de la lumière directe.

Troiſièmement : ayant reçu à de grandes diſtances, comme à 100, 200 & 300 pieds, cette même lumière réfléchie par de grandes glaces, je reconnus qu'elle ne perdoit preſque rien de ſa force, par l'épaiſſeur de l'air qu'elle avoit à traverſer.

Enſuite je voulus eſſayer les mêmes choſes ſur la lumière des bougies ; & pour m'aſſurer plus exactement de la quantité d'affoibliſſement que la réflexion cauſe à cette lumière, je fis l'expérience ſuivante.

Je me mis vis-à-vis une glace de miroir avec un livre à la main, dans une chambre où l'obſcurité de la nuit étoit entière, & où je ne pouvois diſtinguer aucun objet : je fis allumer, dans une chambre voiſine, à 40 pieds de diſtance environ, une ſeule bougie, & je la fis approcher peu à peu, juſqu'à ce que je puſſe diſtinguer les caractères & lire le livre que j'avois à la main ; la diſtance ſe trouva de 24 pieds du livre à la bougie : enſuite ayant retourné le livre du côté du miroir, je cherchai à lire par cette même lumière réfléchie, & je fis intercepter par un paravent la partie de la lumière directe qui ne tomboit pas ſur le miroir, afin de n'avoir ſur mon livre que la lumière réfléchie. Il fallut approcher la bougie, ce qu'on fit peu à peu, juſqu'à ce que je puſſe lire les mêmes caractères éclairés par la lumière réfléchie ; & alors la diſtance du livre à la bougie, y compris celle du livre au miroir, qui n'étoit que d'un demi-pied, ſe trouva être en tout de quinze pieds : je répétai cela pluſieurs fois, & j'eus toujours les mêmes réſultats, à très-peu près ; d'où je conclus

que la force ou la quantité de la lumière directe est à celle de la lumière réfléchie, comme 576 à 225; ainsi l'effet de la lumière de cinq bougies reçues par une glace plane, est à peu-près égal à celui de la lumière directe de deux bougies.

La lumière des bougies perd donc plus par la réflexion que la lumière du Soleil; & cette différence vient de ce que les rayons de lumière qui partent de la bougie comme d'un centre, tombent plus obliquement sur le miroir que les rayons du Soleil qui viennent presque parallèlement. Cette expérience confirma donc ce que j'avois trouvé d'abord, & je tins pour sûr que la lumière du Soleil ne perd qu'environ moitié par sa réflexion sur une glace de miroir.

Ces premières connoissances dont j'avois besoin étant acquises, je cherchai ensuite ce que deviennent en effet les images du Soleil lorsqu'on les reçoit à de grandes distances. Pour bien entendre ce que je vais dire, il ne faut pas, comme on le fait ordinairement, considérer les rayons du Soleil comme parallèles; & il faut se souvenir que le corps du Soleil occupe à nos yeux une étendue d'environ 32 minutes; que par conséquent les rayons qui partent du bord supérieur du disque, venant à tomber sur un point d'une surface réfléchissante, les rayons qui partent du bord inférieur, venant à tomber aussi sur le même point de cette surface, ils forment entr'eux un angle de 32 minutes dans l'incidence & ensuite dans la réflexion, & que par conséquent l'image doit augmenter de grandeur à mesure qu'elle s'éloigne: il faut de plus faire attention

à la figure de ces images; par exemple, une glace plane quarrée d'un demi-pied, exposée aux rayons du Soleil, formera une image quarrée de six pouces, lorsqu'on recevra cette image à une petite distance de la glace, comme de quelques pieds; en s'éloignant peu à peu on voit l'image augmenter, ensuite se déformer, enfin s'arrondir & demeurer ronde toujours en s'agrandissant, à mesure qu'elle s'éloigne du miroir: cette image est composée d'autant de disques du Soleil qu'il y a de points physiques dans la surface réfléchissante; le point du milieu forme une image du disque, les points voisins en forment de semblables & de même grandeur qui excèdent un peu le disque du milieu; il en est de même de tous les autres points, & l'image est composée d'une infinité de disques, qui se surmontant régulièrement, & anticipant circulairement les uns sur les autres, forment l'image réfléchie dont le point du milieu de la glace est le centre.

Si l'on reçoit l'image composée de tous ces disques à une petite distance, alors l'étendue qu'ils occupent n'étant qu'un peu plus grande que celle de la glace, cette image est de la même figure & à peu-près de la même étendue que la glace: si la glace est quarrée, l'image est quarrée; si la glace est triangulaire, l'image est triangulaire; mais lorsqu'on reçoit l'image à une grande distance de la glace, où l'étendue qu'occupent les disques est beaucoup plus grande que celle de la glace, l'image ne conserve plus la figure quarrée ou triangulaire de la glace, elle devient nécessairement circulaire; & pour

trouver le point de diſtance où l'image perd ſa figure quarrée, il n'y a qu'à chercher à quelle diſtance la glace nous paroît ſous un angle égal à celui que forme le corps du Soleil à nos yeux, c'eſt-à-dire, ſous un angle de 32 minutes, cette diſtance ſera celle où l'image perdra ſa figure quarrée, & deviendra ronde; car les diſques ayant toujours pour diamètre une ligne égale à la corde de l'arc de cercle qui meſure un angle de 32 minutes, on trouvera par cette règle qu'une glace quarrée de ſix pouces, perd ſa figure quarrée à la diſtance d'environ 60 pieds, & qu'une glace d'un pied en quarré ne la perd qu'à 120 pieds environ, & ainſi des autres.

En réfléchiſſant un peu ſur cette théorie, on ne ſera plus étonné de voir qu'à de très-grandes diſtances, une grande & une petite glace donnent à peu-près une image de la même grandeur, & qui ne diffère que par l'intenſité de la lumière: on ne ſera plus ſurpris qu'une glace ronde, ou quarrée, ou longue, ou triangulaire, ou de telle autre figure que l'on voudra *(a)*, donne toujours des images rondes; & on verra clairement que les images ne s'agrandiſſent & ne s'affoibliſſent pas par la diſperſion de la lumière, ou par la perte qu'elle fait en traverſant l'air, comme l'ont cru quelques *Phyſiciens*; & que cela n'arrive au contraire que par l'augmentation des diſques

(a) C'eſt par cette même raiſon que les petites images du Soleil qui paſſent entre les feuilles des arbres élevés & touffus, qui tombent ſur le ſable d'une allée, ſont toutes ovales ou rondes.

qui occupent toujours un eſpace de 32 minutes à quelque éloignement qu'on les porte.

De même on ſera convaincu par la ſimple expoſition de cette théorie, que les courbes de quelque eſpèce qu'elles ſoient, ne peuvent être employées avec avantage pour brûler de loin, parce que le diamètre du foyer de toutes les courbes, ne peut jamais être plus petit que la corde de l'arc qui meſure un angle de 32 minutes, & que par conſéquent le miroir concave le plus parfait dont le diamètre ſeroit égal à cette corde, ne feroit jamais le double de l'effet de ce miroir plan de même ſurface *(b)*: & ſi le diamètre de ce miroir courbe étoit plus petit que cette corde, il ne feroit guère plus d'effet qu'un miroir plan de même ſurface.

Lorſque j'eus bien compris ce que je viens d'expoſer, je me perſuadai bientôt à n'en pouvoir douter, qu'Archimède n'avoit pu brûler de loin qu'avec des miroirs plans; car indépendamment de l'impoſſibilité où l'on étoit alors, & où l'on ſeroit encore aujourd'hui d'exécuter des miroirs concaves d'un auſſi long foyer, je ſentis bien que les réflexions que je viens de faire, ne pouvoient pas avoir échappé à ce grand Mathématicien. Dailleurs je penſai que ſelon toutes les apparences les Anciens ne ſavoient pas faire de grandes maſſes de verre, qu'ils ignoroient l'art de

(b) Si l'on ſe donne la peine de le ſupputer, on trouvera que le miroir courbe le plus parfait, n'a d'avantage ſur un miroir plan que dans la raiſon de 17 à 10, du moins à très-peu près.

le couler pour en faire de grandes glaces, qu'ils n'avoient tout au plus que celui de le souffler & d'en faire des bouteilles & des vases; & je me persuadai aisément que c'étoit avec des miroirs plans de métal poli, & par la réflexion des rayons du Soleil qu'Archimède avoit brûlé au loin: mais comme j'avois reconnu que les miroirs de glace réfléchissent plus puissamment la lumière que les miroirs du métal le plus poli, je pensai à faire construire une *machine* pour faire coïncider au même point les images réfléchies par un grand nombre de ces glaces planes; bien convaincu que ce moyen étoit le seul par lequel il fût possible de réussir.

Cependant j'avois encore des doutes, & qui me paroissoient même très-bien fondés, car voici comment je raisonnois. Supposons que la distance à laquelle je veux brûler soit de 240 pieds, je vois clairement que le foyer de mon miroir ne peut avoir moins de deux pieds de diamètre à cette distance; dès-lors quelle sera l'étendue que je serai obligé de donner à mon assemblage de miroirs plans pour produire du feu dans un aussi grand foyer? elle pouvoit être si grande que la chose eût été impraticable dans l'exécution; car en comparant le diamètre du foyer au diamètre du miroir, dans les meilleurs miroirs par réflexion que nous ayons, par exemple, avec le miroir de l'Académie, j'avois observé que le diamètre de ce miroir qui est de trois pieds, étoit cent huit fois plus grand que le diamètre de son foyer, qui n'a qu'environ quatre lignes, & j'en concluois que pour brûler aussi vivement

à 240 pieds, il eût été néceſſaire que mon aſſemblage de miroirs eût eu 216 pieds de diamètre, puiſque le foyer auroit deux pieds; or un miroir de 216 pieds de diamètre étoit aſſurément une choſe impoſſible.

A la vérité ce miroir de trois pieds de diamètre brûle aſſez vivement pour fondre l'or, & je voulus voir combien j'avois à gagner en réduiſant ſon action à n'enflammer que du bois: pour cela j'appliquai ſur le miroir des zones circulaires de papier pour en diminuer le diamètre, & je trouvai qu'il n'avoit plus aſſez de force pour enflammer du bois ſec lorſque ſon diamètre fut réduit à quatre pouces huit ou neuf lignes: prenant donc cinq pouces ou ſoixante lignes pour l'étendue du diamètre néceſſaire pour brûler avec un foyer de quatre lignes, je ne pouvois me diſpenſer de conclure que pour brûler également à 240 pieds, où le foyer auroit néceſſairement deux pieds de diamètre, il me faudroit un miroir de trente pieds de diamètre; ce qui me paroiſſoit encore une choſe impoſſible, ou du moins impraticable.

A des raiſons ſi poſitives, & que d'autres auroient regardées comme des démonſtrations de l'impoſſibilité du miroir, je n'avois rien à oppoſer qu'un ſoupçon; mais un ſoupçon ancien, & ſur lequel plus j'avois réfléchi, plus je m'étois perſuadé qu'il n'étoit pas ſans fondement; c'eſt que les effets de la chaleur pouvoient bien n'être pas proportionnels à la quantité de lumière; ou, ce qui revient au même, qu'à égale intenſité de lumière, les grands foyers devoient brûler plus vivement que les petits.

En

En eſtimant la chaleur mathématiquement, il n'eſt pas douteux que la force des foyers de même longueur ne ſoit proportionnelle à la ſurface des miroirs. Un miroir dont la ſurface eſt double de celle d'un autre, doit avoir un foyer de la même grandeur, ſi la courbure eſt la même; & ce foyer de même grandeur doit contenir le double de la quantité de lumière que contient le premier foyer; & dans la ſuppoſition que les effets ſont toujours proportionnels à leurs cauſes, on avoit toujours cru que la chaleur de ce ſecond foyer devoit être double de celle du premier.

De même & par la même eſtimation mathématique, on a toujours cru qu'à égale intenſité de lumière, un petit foyer devoit brûler autant qu'un grand, & que l'effet de la chaleur devoit être proportionnel à cette intenſité de lumiere; *en ſorte,* diſoit Deſcartes, *qu'on peut faire des verres ou des miroirs extrêmement petits qui brûleront avec autant de violence que les plus grands.* Je penſai d'abord, comme je l'ai dit ci-deſſus, que cette concluſion tirée de la théorie mathématique, pourroit bien ſe trouver fauſſe dans la pratique, parce que la chaleur étant une qualité phyſique, de l'action & de la propagation de laquelle nous ne connoiſſons pas bien les loix; il me ſembloit qu'il y avoit quelque eſpèce de témérité à en eſtimer ainſi les effets par un raiſonnement de ſimple ſpéculation.

J'eus donc recours encore une fois à l'expérience: je pris des miroirs de métal de différens foyers & de différens degrés de poliment; & en comparant l'action des différens foyers ſur les mêmes matières fuſibles ou combuſtibles,

je trouvai qu'à égale intenſité de lumière, les grands foyers ſont conſtamment beaucoup plus d'effet que les petits, & produiſent ſouvent l'inflammation ou la fuſion, tandis que les petits ne produiſent qu'une chaleur médiocre : je trouvai la même choſe avec les miroirs par réfraction. Pour le faire mieux ſentir, prenons, par exemple, un grand miroir ardent par réfraction, tel que celui du ſieur Segard, qui a 32 pouces de diamètre, & un foyer de 8 lignes de largeur, à 6 pieds de diſtance, auquel foyer le cuivre ſe fond en moins d'une minute, & faiſons dans les mêmes proportions un petit verre ardent de 32 lignes de diamètre, dont le foyer ſera de $\frac{8}{12}$ ou $\frac{2}{3}$ de ligne; & la diſtance à 6 pouces; puiſque le grand miroir fond le cuivre en une minute dans l'étendue entière de ſon foyer qui eſt de 8 lignes, le petit verre devroit, ſelon la théorie, fondre dans le même temps la même matière dans l'étendue de ſon foyer qui eſt de $\frac{2}{3}$ de ligne: Ayant fait l'expérience, j'ai trouvé, comme je m'y attendois bien, que loin de fondre le cuivre, ce petit verre ardent pouvoit à peine donner un peu de chaleur à cette matière.

La raiſon de cette différence eſt aiſée à donner, ſi l'on fait attention que la chaleur ſe communique de proche en proche, & ſe diſperſe, pour ainſi dire, lors même qu'elle eſt appliquée continuellement ſur le même point; par exemple, ſi l'on fait tomber le foyer d'un verre ardent ſur le centre d'un écu, & que ce foyer n'ait qu'une ligne de diamètre, la chaleur qu'il produit ſur le centre de l'écu ſe diſperſe & s'étend dans le volume entier de l'écu, &

il devient chaud jusqu'à la circonférence; dès-lors toute la chaleur, quoiqu'employée d'abord contre le centre de l'écu, ne s'y arrête pas, & ne peut pas produire un aussi grand effet que si elle y demeuroit toute entière. Mais si au lieu d'un foyer d'une ligne qui tombe sur le milieu de l'écu, on fait tomber sur l'écu tout entier un foyer d'égale intensité, toutes les parties de l'écu étant également échauffées dans ce dernier cas; non-seulement il n'y a pas de perte de chaleur, comme dans le premier, mais même il y a du gain & de l'augmentation de chaleur, car le point du milieu profitant de la chaleur des autres points qui l'environnent, l'écu sera fondu dans ce dernier cas, tandis que dans le premier, il ne sera que légèrement échauffé.

Après avoir fait ces expériences & ces réflexions, je sentis augmenter prodigieusement l'espérance que j'avois de réussir à faire des miroirs qui brûleroient au loin; car je commençai à ne plus craindre autant que je l'avois craint d'abord, la grande étendue des foyers, je me persuadai au contraire, qu'un foyer d'une largeur considérable, comme de deux pieds, & dans lequel l'intensité de la lumière ne seroit pas à beaucoup près aussi grande que dans un petit foyer, comme de quatre lignes, pourroit cependant produire avec plus de force l'inflammation & l'embrasement, & que par conséquent ce miroir qui, par la théorie mathématique, devoit avoir au moins 30 pieds de diamètre, se réduiroit sans doute à un miroir de 8 ou 10 pieds tout au plus; ce qui est non-seulement une chose possible, mais même très-praticable.

Je pensai donc sérieusement à exécuter mon projet; d'abord j'avois dessein de brûler à 200 ou 300 pieds avec des glaces circulaires ou hexagones d'un pied quarré de surface, & je voulois faire quatre chassis de fer pour les porter, avec trois vis à chacune pour les mouvoir en tout sens, & un ressort pour les assujettir; mais la dépense trop considérable qu'exigeoit cet ajustement, me fit abandonner cette idée, & je me rabattis à des glaces communes de 6 pouces sur 8 pouces, & un ajustement en bois, qui, à la vérité, est moins solide & moins précis, mais dont la dépense convenoit mieux à une tentative. M. Passemant, dont l'habileté dans les mécaniques est connue même de l'Académie, se chargea de ce détail; & je n'en ferai pas la description, parce qu'un coup d'œil sur le miroir en fera mieux entendre la construction qu'un long discours *(c)*.

Il suffira de dire qu'il a d'abord été composé de cent soixante-huit glaces étamées de 6 pouces sur 8 pouces chacune, éloignées les unes des autres d'environ quatre lignes, que chacune de ces glaces se peut mouvoir en tout sens, & indépendamment de toutes, & que les quatre lignes d'intervalle qui sont entr'elles servent non-seulement à la liberté de ce mouvement, mais aussi à laisser voir à celui qui opère, l'endroit où il faut conduire ses images. Au moyen de cette construction l'on peut faire tomber

---

(c) Voyez ci-après les planches VII, VIII & IX, avec l'explication des figures 1, 2, 3, 4, 5, 6 & 7.

ſur le même point les cent ſoixante-huit images, & par conſéquent brûler à pluſieurs diſtances, comme à 20, 30, & juſqu'à 150 pieds, & à toutes les diſtances intermédiaires; & en augmentant la grandeur du miroir, ou en faiſant d'autres miroirs ſemblables au premier, on eſt ſûr de porter le feu à de plus grandes diſtances encore, ou d'en augmenter autant qu'on voudra, la force ou l'activité à ces premières diſtances.

Seulement il faut obſerver que le mouvement dont j'ai parlé n'eſt point trop aiſé à exécuter, & que d'ailleurs il y a un grand choix à faire dans les glaces: elles ne ſont pas toutes à beaucoup près également bonnes, quoiqu'elles paroiſſent telles à la première inſpection; j'ai été obligé d'en prendre plus de cinq cents pour avoir les cent ſoixante-huit dont je me ſuis ſervi; la manière de les eſſayer eſt de recevoir à une grande diſtance, par exemple, à 150 pieds l'image réfléchie du Soleil comme un plan vertical; il faut choiſir celles qui donnent une image ronde & bien terminée, & rebuter toutes les autres qui ſont en beaucoup plus grand nombre, & dont les épaiſſeurs étant inégales en différens endroits, ou la ſurface un peu concave ou convexe, au lieu d'être plane, donnent des images mal terminées, *doubles*, *triples*, *oblongues*, *chevelues*, *&c.* ſuivant les différentes défectuoſités qui ſe trouvent dans les glaces.

Par la première expérience que j'ai faite le 23 mars 1747 à midi, j'ai mis le feu à 66 pieds de diſtance à une planche de hêtre goudronnée, avec quarante glaces

ſeulement, c'eſt-à-dire, avec le quart du miroir environ; mais il faut obſerver que n'étant pas encore monté ſur ſon pied, il étoit poſé* très-déſavantageuſement, faiſant avec le Soleil un angle de près de 20 degrés de déclinaiſon, & un autre de plus de 10 degrés d'inclinaiſon.

Le même jour j'ai mis le feu à une planche goudronnée & ſoufrée à 126 pieds de diſtance avec quatre-vingt-dix-huit glaces, le miroir étant poſé encore plus déſavantageuſement. On ſent bien que pour brûler avec le plus d'avantage, il faut que le miroir ſoit directement oppoſé au Soleil; auſſi-bien que les matières qu'on veut enflammer; en ſorte qu'en ſuppoſant un plan perpendiculaire ſur le plan du miroir, il faut qu'il paſſe par le Soleil, & en même temps par le milieu des matières combuſtibles.

Le 3 avril à quatre heures du ſoir, le miroir étant monté & poſé ſur ſon pied, on a produit une légère inflammation ſur une planche couverte de laine hachée à 138 pieds de diſtance avec cent douze glaces, quoique le Soleil fût foible, & que la lumière en fût fort pâle. Il faut prendre garde à ſoi lorſqu'on approche de l'endroit où ſont les matières combuſtibles, & il ne faut pas regarder le miroir, car ſi malheureuſement les yeux ſe trouvoient au foyer, on ſeroit aveuglé par l'éclat de la lumière.

Le 4 avril à onze heures du matin, le Soleil étant fort pâle & couvert de vapeurs & de nuages légers, on n'a pas laiſſé de produire, avec cent cinquante-quatre glaces, à 150 pieds de diſtance, une chaleur ſi conſidérable, qu'elle a fait en moins de deux minutes, fumer une planche

goudronnée, qui se seroit certainement enflammée, si le *Soleil* n'avoit pas disparu tout-à-coup.

Le lendemain 5 avril à trois heures après midi, par un Soleil encore plus foible que le jour précédent, on a enflammé à 150 pieds de distance, des copeaux de sapin soufrés & mêlés de charbon, en moins d'une minute & demie, avec cent cinquante-quatre glaces. Lorsque le Soleil est vif, il ne faut que quelques secondes pour produire l'inflammation.

Le 10 avril après midi, par un Soleil assez net, on a mis le feu à une planche de sapin goudronnée, à 150 pieds, avec cent vingt-huit glaces seulement, l'inflammation a été très-subite, & elle s'est faite dans toute l'étendue du foyer qui avoit environ 16 pouces de diamètre à cette distance.

Le même jour à deux heures & demie, on a porté le feu sur une planche de hêtre, goudronnée en partie & couverte en quelques endroits de laine hachée; l'inflammation s'est faite très-promptement, elle a commencé par les parties du bois qui étoient découvertes; & le feu étoit si violent, qu'il a fallu tremper dans l'eau la planche pour l'éteindre : il y avoit cent quarante-huit glaces, & la distance étoit de 150 pieds.

Le 11 avril, le foyer n'étant qu'à 20 pieds de distance du miroir, il n'a fallu que douze glaces pour enflammer des petites matières combustibles : avec vingt-une glaces on a mis le feu à une planche de hêtre qui avoit déjà été brûlée en partie : avec quarante-cinq glaces on a fondu un gros flacon d'étain qui pesoit environ six livres;

& avec cent dix-ſept glaces on a fondu des morceaux d'argent mince, & rougi une plaque de tôle: & je ſuis perſuadé qu'à 50 pieds on fondra les métaux auſſi-bien qu'à 20, en employant toutes les glaces du miroir; & comme le foyer à cette diſtance, eſt large de ſix à ſept pouces, on pourra faire des épreuves en grand ſur les métaux *(d)*, ce qu'il n'étoit pas poſſible de faire avec les miroirs ordinaires, dont le foyer eſt ou très-foible, ou cent fois plus petit que celui de mon miroir. J'ai remarqué que les métaux & ſur-tout l'argent, fument beaucoup

---

(d) Par des expériences ſubſéquentes, j'ai reconnu que la diſtance la plus avantageuſe pour faire commodément avec ces miroirs des épreuves ſur les métaux, étoit à 40 ou 45 pieds. Les aſſiettes d'argent que j'ai fondues à cette diſtance avec deux cents vingt-quatre glaces, étoient bien nettes, en ſorte qu'il n'étoit pas poſſible d'attribuer la fumée très-abondante qui en ſortoit à la graiſſe, ou à d'autres matières dont l'argent ſe ſeroit imbibé, & comme ſe le perſuadoient les gens témoins de l'expérience. Je la répétai néanmoins ſur des plaques d'argent toutes neuves & j'eus le même effet. Le métal fumoit très-abondamment, quelquefois pendant plus de 8 ou 10 minutes avant de ſe fondre. J'avois deſſein de recueillir cette fumée d'argent par le moyen d'un chapiteau & d'un ajuſtement ſemblable à celui dont on ſe ſert dans les diſtillations, & j'ai toujours eu regret que mes autres occupations m'en aient empêché; car cette manière de tirer l'eau du métal, eſt peut-être la ſeule que l'on puiſſe employer. Et ſi l'on prétend que cette fumée qui m'a paru humide ne contient pas de l'eau, il ſeroit toujours très-utile de ſavoir ce que c'eſt, car il ſe peut auſſi que ce ne ſoit que du métal volatiliſé. D'ailleurs je ſuis perſuadé qu'en faiſant les mêmes épreuves ſur l'or, on le verra fumer comme l'argent, peut-être moins, peut-être plus.

avant de se fondre, la fumée en étoit si sensible qu'elle faisoit ombre sur le terrein; & c'est-là où je l'observai attentivement; car il n'est pas possible de regarder un instant le foyer, lorsqu'il tombe sur du métal: l'éclat en est beaucoup plus vif que celui du Soleil.

Les expériences que j'ai rapportées ci-dessus, & qui ont été faites dans les premiers temps de l'invention de ces miroirs, ont été suivies d'un grand nombre d'autres expériences qui confirment les premières. J'ai enflammé du bois jusqu'à 200 & même 210 pieds avec ce même miroir, par le Soleil d'été, toutes les fois que le Ciel étoit pur, & je crois pouvoir assurer qu'avec quatre semblables miroirs on brûleroit à 400 pieds & peut-être plus loin. J'ai de même fondu tous les métaux & minéraux métalliques à 25, 30 & 40 pieds. On trouvera dans la suite de cet article les usages auxquels on peut appliquer ces miroirs, & les limites qu'on doit assigner à leur puissance pour la calcination, la combustion, la fusion, &c.

Il faut environ une demi-heure pour monter le miroir, & pour faire coïncider toutes les images au même point; mais lorsqu'il est une fois ajusté, on peut s'en servir à toute heure, en tirant seulement un rideau, il mettra le feu aux matières combustibles très-promptement, & on ne doit pas le déranger à moins qu'on ne veuille changer la distance; par exemple, lorsqu'il est arrangé pour brûler à 100 pieds, il faut une demi-heure pour l'ajuster à la distance de 150 pieds, & ainsi des autres.

Ce miroir brûle en haut, en bas & horizontalement,

ſuivant la différente inclinaiſon qu'on lui donne; les expériences que je viens de rapporter, ont été faites publiquement au Jardin du Roi, ſur un terrein horizontal, contre des planches poſées verticalement: je crois qu'il n'eſt pas néceſſaire d'avertir qu'il auroit brûlé avec plus de force en haut, & moins de force en bas; & de même, qu'il eſt plus avantageux d'incliner le plan des matières combuſtibles parallèlement au plan du miroir: ce qui fait qu'il a cet avantage de brûler en haut, en bas & horizontalement, ſur les miroirs ordinaires de réflexion qui ne brûlent qu'en haut, c'eſt que ſon foyer eſt fort éloigné, & qu'il a ſi peu de courbure qu'elle eſt inſenſible à l'œil; il eſt large de 7 pieds, & haut de 8 pieds, ce qui ne fait qu'environ la 150.^e partie de la circonférence de la ſphère, lorſqu'on brûle à 150 pieds.

La raiſon qui m'a déterminé à préférer des glaces de 6 pouces de largeur ſur 8 pouces de hauteur, à des glaces quarrées de 6 ou 8 pouces, c'eſt qu'il eſt beaucoup plus commode de faire les expériences ſur un terrein horizontal & de niveau, que de les faire de bas en haut, & qu'avec cette figure plus haute que large, les images étoient plus rondes, au lieu qu'avec des glaces quarrées, elles auroient été raccourcies ſur-tout pour les petites diſtances, dans cette ſituation horizontale.

Cette découverte nous fournit pluſieurs choſes utiles pour la Phyſique, & peut-être pour les Arts. On ſait que ce qui rend les miroirs ordinaires de réflexion preſque inutiles pour les expériences, c'eſt qu'ils brûlent toujours

en haut, & qu'on eſt fort embarraſſé de trouver des moyens pour ſuſpendre ou ſoutenir à leur foyer les matières qu'on veut fondre ou calciner : au moyen de mon miroir, on fera brûler en bas les miroirs concaves, & avec un avantage ſi conſidérable, qu'on aura une chaleur de tel degré qu'on voudra ; par exemple, en oppoſant à mon miroir, un miroir concave d'un pied quarré de ſurface, la chaleur que ce dernier miroir produira à ſon foyer, en employant cent cinquante-quatre glaces ſeulement, ſera plus de douze fois plus grande que celle qu'il produit ordinairement, & l'effet ſera le même que s'il exiſtoit douze Soleils au lieu d'un, ou plutôt que ſi le Soleil avoit douze fois plus de chaleur.

Secondement, on aura par le moyen de mon miroir la vraie échelle de l'augmentation de la chaleur, & on fera un thermomètre réel, dont les diviſions n'auront plus rien d'arbitraire, depuis la température de l'air juſqu'à tel degré de chaleur qu'on voudra, en faiſant tomber une à une ſucceſſivement, les images du Soleil les unes ſur les autres, & en graduant les intervalles, ſoit au moyen d'une liqueur expanſive, ſoit au moyen d'une machine de dilatation ; & de-là nous ſaurons en effet ce que c'eſt qu'une augmentation, double, triple, quadruple, &c. de chaleur (e),

(e) Feu M. de Mairan a fait une épreuve avec trois glaces ſeulement, & a trouvé que les augmentations du double & du triple de chaleur étoient comme les diviſions du thermomètre de Reaumur ; mais on ne doit rien conclure de cette expérience qui n'a donné lieu à ce réſultat que par une eſpèce de haſard. *Voyez ſur ce ſujet ce que j'ai dit dans mon* TRAITÉ DES ÉLÉMENS.

& nous connoîtrons les matières dont l'expanſion, ou les autres effets ſeront les plus convenables pour meſurer les augmentations de chaleur.

Troiſièmement, nous ſaurons au juſte combien de fois il faut la chaleur du Soleil pour brûler, fondre ou calciner différentes matières, ce qu'on ne ſavoit eſtimer juſqu'ici que d'une manière vague & fort éloignée de la vérité; & nous ſerons en état de faire des comparaiſons préciſes de l'activité de nos feux avec celle du Soleil, & d'avoir ſur cela des rapports exacts, & des meſures fixes & invariables.

Enfin, on ſera convaincu lorſqu'on aura examiné la théorie que j'ai donnée, & qu'on aura vu l'effet de mon miroir, que le moyen que j'ai employé étoit le ſeul par lequel il fût poſſible de réuſſir à brûler au loin: car indépendamment de la difficulté phyſique de faire de grands miroirs concaves ſphériques, paraboliques, ou d'une autre courbure quelconque aſſez régulière pour brûler à 150 pieds; on ſe démontrera aiſément à ſoi-même, qu'ils ne produiroient qu'à peu-près autant d'effet que le mien, parce que le foyer en ſeroit preſque auſſi large; que de plus, ces miroirs courbes, quand même il ſeroit poſſible de les exécuter, auroient le déſavantage très-grand de ne brûler qu'à une ſeule diſtance, au lieu que le mien brûle à toutes les diſtances; & par conſéquent on abandonnera le projet de faire, par le moyen des courbes, des miroirs pour brûler au loin, ce qui a occupé inutilement un grand nombre de Mathématiciens & d'Artiſtes qui ſe trompoient toujours, parce qu'ils conſidéroient les rayons du Soleil

comme parallèles, au lieu qu'il faut les considérer ici tels qu'*ils* sont, c'est-à-dire, comme faisant des angles de toute grandeur, depuis zéro jusqu'à 32 minutes, ce qui fait qu'il est impossible, quelque courbure qu'on donne à un miroir, de rendre le diamètre du foyer plus petit que la corde de l'arc qui mesure cet angle de 32 minutes. Ainsi quand même on pourroit faire un miroir concave pour brûler à une grande distance, par exemple, à 150 pieds, en le travaillant dans tous ses points sur une sphère de 600 pieds de diamètre, & en employant une masse énorme de verre ou de métal, il est clair qu'on aura à peu-près autant d'avantage à n'employer au contraire que de petits miroirs plans.

Au reste, comme tout a des *limites*, quoique mon miroir *soit susceptible* d'une plus grande perfection, tant pour l'ajustement que pour plusieurs autres choses, & que je compte bien en faire un autre dont les effets seront supérieurs, cependant il ne faut pas espérer qu'on puisse jamais brûler à de très-grandes distances; car pour brûler, par exemple, à une demi-lieue, il faudroit un miroir deux *mille fois plus grand* que le mien; & tout ce qu'on pourra jamais *faire, est de brûler* à 8 ou 900 *pieds* tout au plus. Le foyer dont *le mouvement correspond toujours* à celui du Soleil, marche d'autant plus vîte qu'il est plus éloigné du miroir, & à 900 pieds de distance, il feroit un chemin d'environ 6 pieds par minute.

Il n'est pas nécessaire d'avertir qu'on peut faire, avec des petits morceaux plats de glace ou de métal, des miroirs

dont les foyers feront variables, & qui brûleront à de petites diftances avec une grande vivacité; & en les montant à peu-près comme l'on monte les parafols, il ne faudroit qu'un feul mouvement pour en ajufter le foyer.

Maintenant que j'ai rendu compte de ma découverte & du fuccès de mes expériences, je dois rendre à Archimède & aux Anciens, la gloire qui leur eft dûe. Il eft certain qu'Archimède a pu faire avec des miroirs de métal ce que je fais avec des miroirs de verre; il eft fûr qu'il avoit plus de lumières qu'il n'en faut pour imaginer la théorie qui m'a guidé & la mécanique que j'ai fait exécuter, & que par conféquent on ne peut lui refufer le titre du premier inventeur de ces miroirs, que l'occafion où il fut les employer, rendit fans doute plus célèbres que le mérite de la chofe même.

Pendant le temps que je travaillois à ces miroirs, j'ignorois le détail de tout ce qu'en ont dit les Anciens; mais après avoir réuffi à les faire, je fus bien aife de m'en inftruire. Feu M. Melot, de l'Académie des Belles-Lettres, & l'un des Gardes de la Bibliothèque du Roi, dont la grande érudition & les talens étoient connus de tous les Savans, eut la bonté de me communiquer une excellente Differtation qu'il avoit faite fur ce fujet, dans laquelle il rapporte les témoignages de tous les Auteurs qui ont parlé des miroirs ardens d'Archimède; ceux qui en parlent le plus clairement font, Zonaras & Tzetzès, qui vivoient tous deux dans le XII.^e fiècle: le premier dit, qu'*Archimède* avec fes miroirs ardens, mit en cendres toute la flotte

des Romains : *ce Géomètre*, dit-il, *ayant reçu les rayons du Soleil sur un miroir ; à l'aide de ces rayons rassemblés & réfléchis par l'épaisseur & le poli du miroir, il embrasa l'air, & alluma une grande flamme qu'il lança toute entière sur les vaisseaux qui mouilloient dans la sphère de son activité ; & qui furent tous réduits en cendres.* Le même Zonaras rapporte aussi, qu'au siége de Constantinople, sous l'empire d'Anastase, l'an 514 de Jésus-Christ, Proclus brûla avec des miroirs d'airain, la flotte de Vitalien qui assiégeoit Constantinople ; & il ajoute que ces miroirs étoient une découverte ancienne, & que l'historien Dion en donne l'honneur à Archimède qui la fit, & s'en servit contre les Romains, lorsque Marcellus fit le siége de Syracuse.

Tzetzès non-seulement rapporte & assure le fait des miroirs, mais même il en explique en quelque façon la construction. *Lorsque les vaisseaux Romains*, dit-il, *furent à la portée du trait, Archimède fit faire une espèce de miroir hexagone, & d'autres plus petits de vingt-quatre angles chacun, qu'il plaça dans une distance proportionnée & qu'on pouvoit mouvoir à l'aide de leurs charnières & de certaines lames de métal ; il plaça le miroir hexagone de façon qu'il étoit coupé par le milieu par le méridien d'hiver & d'été, en sorte que les rayons du Soleil reçus sur ce miroir venant à se briser, allumèrent un grand feu qui réduisit en cendres les vaisseaux Romains, quoiqu'ils fussent éloignés de la portée d'un trait.* Ce passage me paroît assez clair ; il fixe la distance à laquelle Archimède a brûlé, la portée du trait ne peut guère être que de 150 ou 200 pieds ; il donne l'idée de la construction, & fait

voir que le miroir d'Archimède pouvoit être comme le mien, composé de plusieurs petits miroirs qui se mouvoient par des mouvemens de charnières & de ressorts, & enfin il indique la position du miroir, en disant que le miroir hexagone autour duquel étoient sans doute les miroirs plus petits, étoit coupé par le méridien, ce qui veut dire apparemment que le miroir doit être opposé directement au Soleil; d'ailleurs le miroir hexagone étoit probablement celui dont l'image servoit de mire pour ajuster les autres, & cette figure n'est pas tout-à-fait indifférente, non plus que celle des vingt-quatre angles ou vingt-quatre côtés des petits miroirs. Il est aisé de sentir qu'il y a en effet de l'avantage à donner à ces miroirs une figure polygone d'un grand nombre de côtés égaux, afin que la quantité de lumière soit moins inégalement répartie dans l'image réfléchie, & elle sera répartie le moins inégalement qu'il est possible lorsque les miroirs seront circulaires; j'ai bien vu qu'il y avoit de la perte à employer des miroirs quadrangulaires, longs de 6 pouces sur 8 pouces; mais j'ai préféré cette forme parce qu'elle est, comme je l'ai dit, plus avantageuse pour brûler horizontalement.

J'ai aussi trouvé dans la même dissertation de M. Melot, que le P. Kircher avoit écrit qu'Archimède avoit pu brûler à une grande distance avec des miroirs plans, & que l'expérience lui avoit appris, qu'en réunissant de cette façon les images du Soleil, on produisoit une chaleur considérable au point de réunion.

Enfin dans les Mémoires de l'Académie, *année 1726*,

M. du

M. du Fay, dont j'honorerai toujours la mémoire & les talens, paroît avoir touché à cette découverte, il dit: qu'*ayant reçu l'image du Soleil ſur un miroir plan d'un pied en quarré, & l'ayant portée juſqu'à 600 pieds ſur un miroir concave de 17 pouces de diamètre, elle avoit encore la force de brûler des matières combuſtibles au foyer de ce dernier miroir.* Et à la fin de ſon Mémoire, il dit: *que quelques Auteurs,* il veut ſans doute parler du P. Kircher, *ont propoſé de former un miroir d'un très-long foyer par un grand nombre de petits miroirs plans, que pluſieurs perſonnes tiendroient à la main, & dirigeroient de façon que les images du Soleil formées par chacun de ces miroirs, concourroient en un même point, & que ce ſeroit peut-être la façon de réuſſir la plus ſûre & la moins difficile à exécuter.* Un peu de réflexion ſur l'expérience du miroir concave & ſur ce projet, auroit porté M. du Fay à la découverte du miroir d'Archimède, qu'il traite cependant de fable un peu plus haut; car il me paroît qu'il étoit tout naturel de conclure de ſon expérience, que puiſqu'un miroir concave de 17 pouces de diamètre ſur lequel l'image du Soleil ne tomboit pas toute entière, à beaucoup près, peut cependant brûler par cette ſeule partie de l'image du Soleil réfléchie à 600 pieds, dans un foyer que je ſuppoſe large de 3 lignes; onze cents cinquante-ſix miroirs plans ſemblables au premier miroir réfléchiſſant, doivent à plus forte raiſon brûler directement à cette diſtance de 600 pieds, & que par conſéquent deux cents quatre-vingt-neuf miroirs plans auroient été plus que ſuffiſans pour brûler à 300 pieds, en réuniſſant les deux

cents quatre-vingt-neuf images : mais en fait de découverte le dernier pas, quoique souvent le plus facile, est cependant celui qu'on fait le plus rarement.

Mon Mémoire, tel qu'on vient de le lire, a été imprimé dans le volume de l'Académie des Sciences, *année 1747*, sous le titre : *Invention des miroirs pour brûler à une grande distance.* Feu M. Bouguer, & quelques autres Membres de cette savante Compagnie, m'ayant fait plusieurs objections, tirées principalement de la doctrine de Descartes, dans son Traité de Dioptrique, je crus devoir y répondre par le Mémoire suivant, qui fut lû à l'Académie la même année, mais que je ne fis pas imprimer par ménagement pour mes adversaires en opinion. Cependant comme il contient plusieurs choses utiles, & qu'il pourra servir de préservatif contre les erreurs contenues dans quelques livres d'Optique, sur-tout dans celui de la Dioptrique de Descartes, que d'ailleurs il sert d'explication & de suite au Mémoire précédent; j'ai jugé à propos de les joindre ici & de les publier ensemble.

ARTICLE SECOND.

RÉFLEXIONS sur le jugement de Descartes, au sujet des miroirs d'Archimède, avec le développement de la théorie de ces miroirs & l'explication de leurs principaux usages.

LA Dioptrique de Descartes, cet ouvrage qu'il a donné comme le premier & le principal essai de sa méthode de raisonner dans les Sciences, doit être regardée comme un chef-d'œuvre pour son temps : mais les plus belles

ſpéculations ſont ſouvent démenties par l'expérience, & tous les jours les ſublimes Mathématiques ſont obligées de ſe plier ſous de nouveaux faits; car dans l'application qu'on en fait aux plus petites parties de la Phyſique, on doit ſe défier de toutes les circonſtances, & ne pas ſe confier aſſez aux choſes qu'on croit ſavoir pour prononcer affirmativement ſur celles qui ſont inconnues. Ce défaut n'eſt cependant que trop ordinaire, & j'ai cru que je ferois quelque choſe d'utile pour ceux qui veulent s'occuper d'Optique, que de leur expoſer ce qui manquoit à Deſcartes, pour pouvoir donner une théorie de cette ſcience qui fût ſuſceptible d'être réduite en pratique.

Son Traité de Dioptrique eſt diviſé en dix Diſcours, dans le premier, notre Philoſophe parle de la lumière; & comme il ignoroit ſon mouvement progreſſif qui n'a été découvert que quelque temps après par Roëmer, il faut modifier tout ce qu'il dit à cet égard, & on ne doit adopter aucune des explications qu'il donne au ſujet de la nature & de la propagation de la lumière, non plus que les comparaiſons & les hypothèſes qu'il emploie pour tâcher d'expliquer les cauſes & les effets de la viſion. On ſait actuellement que la lumière eſt environ 7 minutes $\frac{1}{2}$ à venir du Soleil juſqu'à nous, que cette émiſſion du corps lumineux ſe renouvelle à chaque inſtant, & que ce n'eſt pas par la preſſion continue & par l'action, ou plutôt l'ébranlement inſtantané d'une matière ſubtile que ſes effets s'opèrent; ainſi toutes les parties de ce Traité, où l'Auteur emploie cette théorie, ſont plus que

ſuſpectes, & les conſéquences ne peuvent être qu'erronées.

Il en eſt de même de l'explication que Deſcartes donne de la réfraction; non-ſeulement ſa théorie eſt hypothétique pour la cauſe, mais la pratique eſt contraire dans tous les effets. Les mouvemens d'une balle qui traverſe de l'eau, ſont très-différens de ceux de la lumière qui traverſe le même milieu, & s'il eût comparé ce qui arrive en effet à une balle, avec ce qui arrive à la lumière, il en auroit tiré des conſéquences tout-à-fait oppoſées à celles qu'il a tirées.

Et pour ne pas omettre une choſe très-eſſentielle, & qui pourroit induire en erreur, il faut bien ſe garder, en liſant cet article, de croire avec notre Philoſophe, que le mouvement rectiligne peut ſe changer naturellement en un mouvement circulaire; cette aſſertion eſt fauſſe, & le contraire eſt démontré depuis que l'on connoît les loix du mouvement.

Comme le ſecond Diſcours roule en grande partie ſur cette théorie hypothétique de la réfraction, je me diſpenſerai de parler en détail des erreurs qui en ſont les conſéquences, un Lecteur averti ne peut manquer de les remarquer.

Dans les troiſième, quatrième & cinquième Diſcours, il eſt queſtion de la viſion, & l'explication que Deſcartes donne au ſujet des images qui ſe forment au fond de l'œil, eſt aſſez juſte; mais ce qu'il dit ſur les couleurs ne peut pas ſe ſoutenir ni même s'entendre: car comment concevoir qu'une certaine proportion entre le mouvement rectiligne & un prétendu mouvement circulaire, puiſſe

produire des couleurs? Cette partie a été, comme l'on ſait, traitée à fond & d'une manière démonſtrative par Newton, & l'expérience a fait voir l'inſuffiſance de tous les ſyſtèmes précédens.

Je ne dirai rien du ſixième Diſcours, où il tâche d'expliquer comment ſe ſont nos ſenſations: quelque ingénieuſes que ſoient ſes hypothèſes, il eſt aiſé de ſentir qu'elles ſont gratuites; & comme il n'y a preſque rien de mathématique dans cette partie, il eſt inutile de nous y arrêter.

Dans le ſeptième & le huitième Diſcours, Deſcartes donne une belle théorie géométrique ſur les formes que doivent avoir les verres pour produire les effets qui peuvent ſervir à la perfection de la viſion, & après avoir examiné ce qui arrive aux rayons qui traverſent ces verres de différentes formes, il conclut que les verres elliptiques & hyperboliques, ſont les meilleurs de tous pour raſſembler les rayons; & il finit par donner dans le neuvième Diſcours la manière de conſtruire les lunettes de longue vue, & dans le dixième & dernier Diſcours, celle de tailler les verres.

Cette partie de l'ouvrage de Deſcartes, qui eſt proprement la ſeule partie mathématique de ſon Traité, eſt plus fondée & beaucoup mieux raiſonnée que les précédentes; cependant on n'a point appliqué ſa théorie à la pratique, on n'a pas taillé des verres elliptiques ou hyperboliques, & l'on a oublié ces fameuſes ovales qui ſont le principal objet du ſecond Livre de ſa Géométrie; la différente réfrangibilité des rayons, qui étoit inconnue à Deſcartes,

n'a pas été découverte que cette théorie géométrique a été abandonnée : il eſt en effet démontré qu'il n'y a pas autant à gagner par le choix de ces formes qu'il y a à perdre par la différente réfrangibilité des rayons, puiſque ſelon leur différent degré de réfrangibilité, ils ſe raſſemblent plus ou moins près ; mais comme l'on eſt parvenu à faire des lunettes achromatiques, dans leſquelles on compenſe la différente réfrangibilité des rayons par des verres de différente denſité ; il ſeroit très-utile aujourd'hui de tailler des verres hyperboliques ou elliptiques, ſi l'on veut donner aux lunettes achromatiques toute la perfection dont elles ſont ſuſceptibles.

Après ce que je viens d'expoſer, il me ſemble que l'on ne devroit pas être ſurpris que Deſcartes eût mal prononcé au ſujet des miroirs d'Archimède, puiſqu'il ignoroit un ſi grand nombre de choſes qu'on a découvertes depuis : mais comme c'eſt ici le point particulier que je veux examiner, il faut rapporter ce qu'il en a dit, afin qu'on ſoit plus en état d'en juger.

« Vous pouvez auſſi remarquer par occaſion, que les » rayons du Soleil ramaſſés par le verre elliptique, doivent » brûler avec plus de force qu'étant raſſemblés par l'hyper- » bolique, car il ne faut pas ſeulement prendre garde aux » rayons qui viennent du centre du Soleil, mais auſſi à » tous les autres qui venant des autres points de la ſuper- » ficie, n'ont pas ſenſiblement moins de force que ceux » du centre ; en ſorte que la violence de la chaleur qu'ils » peuvent cauſer, ſe doit meſurer par la grandeur du corps

qui les assemble, comparée avec celle de l'espace où il «
les assemble . . . . . sans que la grandeur du diamètre de «
ce corps y puisse rien ajouter, ni sa figure particulière, «
qu'environ un quart ou un tiers tout au plus; il est certain «
que cette ligne brûlante à l'infini, que quelques-uns ont «
imaginée, n'est qu'une rêverie. »

Jusqu'ici il n'est question que de verres brûlans par réfraction, mais ce raisonnement doit s'appliquer de même aux miroirs par réflexion, & avant que de faire voir que l'Auteur n'a pas tiré de cette théorie les conséquences qu'il devoit en tirer, il est bon de lui répondre d'abord par l'expérience. Cette ligne brûlante à l'infini, qu'il regarde comme une rêverie, pourroit s'exécuter par des miroirs de réflexion semblables au mien, non pas à une *distance infinie*, parce que l'homme ne peut rien faire d'infini, mais à une distance indéfinie assez considérable. Car supposons que mon miroir au lieu d'être composé de deux cents vingt-quatre petites glaces, fût composé de deux mille, ce qui est possible; il n'en faut que vingt pour brûler à 20 pieds, & le foyer étant comme une colonne de lumière, ces vingt glaces brûlent en même temps à 17 & à 23 pieds; avec vingt-cinq autres glaces, je ferai un foyer qui brûlera depuis 23 jusqu'à 30; avec vingt-neuf glaces, un foyer qui brûlera depuis 30 jusqu'à 40; avec trente-quatre glaces, un foyer qui brûlera depuis 40 jusqu'à 52; avec quarante glaces, depuis 52 jusqu'à 64; avec cinquante glaces, depuis 64 jusqu'à 76; avec soixante glaces, depuis 76 jusqu'à 88; avec soixante-dix

glaces, depuis 88 jusqu'à 100 pieds: voilà donc déjà une ligne brûlante, depuis 17 jusqu'à 100 pieds, où je n'aurai employé que trois cents vingt-huit glaces; & pour la continuer, il n'y a qu'à faire d'abord un foyer de quatre-vingts glaces, il brûlera depuis 100 pieds jusqu'à 116; & quatre-vingt-douze glaces, depuis 116 jusqu'à 134 pieds; & cent huit glaces, depuis 134 jusqu'à 150; & cent vingt-quatre glaces, depuis 150 jusqu'à 170; & cent cinquante-quatre glaces, depuis 170 jusqu'à 200 pieds; ainsi voilà ma ligne brûlante prolongée de 100 pieds, en sorte que depuis 17 pieds jusqu'à 200 pieds, en quelque endroit de cette distance qu'on puisse mettre un corps combustible, il sera brûlé; & pour cela il ne faut en tout que huit cents quatre-vingt-six glaces de six pouces; & en employant le reste des deux mille glaces, je prolongerai de même la ligne brûlante jusqu'à 3 & 400 pieds; & avec un plus grand nombre de glaces, par exemple, avec quatre mille je la prolongerai beaucoup plus loin, à une distance indéfinie. Or tout ce qui dans la pratique est indéfini, peut être regardé comme infini dans la théorie; donc notre célèbre Philosophe a eu tort de dire que cette ligne brûlante à l'infini n'étoit qu'une rêverie.

Maintenant, venons à la théorie, rien n'est plus vrai que ce que dit ici Descartes au sujet de la réunion des rayons du Soleil, qui ne se fait pas dans un point, mais dans un espace ou foyer dont le diamètre augmente à proportion de la distance. Mais ce grand Philosophe n'a pas senti l'étendue de ce principe qu'il ne donne que comme

une

une remarque ; car s'il y eût fait attention, il n'auroit pas considéré dans tout le reste de son ouvrage les rayons du Soleil comme parallèles, il n'auroit pas établi comme le fondement de la théorie de sa construction des lunettes, la réunion des rayons dans un point, & il se seroit bien gardé de dire affirmativement, *(page 131) Nous pourrons par cette invention voir des objets aussi particuliers & aussi petits dans les astres, que ceux que nous voyons communément sur la terre.* Cette assertion ne pouvoit être vraie qu'en supposant le parallélisme des rayons & leur réunion en un seul point, & par conséquent elle est opposée à sa propre théorie, ou plutôt il n'a pas employé la théorie comme il le falloit ; & en effet, s'il n'eût pas perdu de vue cette remarque, il eût supprimé les deux derniers Livres de *sa* Dioptrique ; car il auroit vu que quand même les Ouvriers eussent pu tailler les verres comme il l'exigeoit, ces verres n'auroient pas produit les effets qu'il leur a supposé, de nous faire distinguer les plus petits objets dans les astres ; à moins qu'il n'eût en même temps supposé dans ces objets une intensité de lumière infinie, ou, ce qui revient au même, qu'ils eussent, malgré leur éloignement, pu former un angle sensible à nos yeux.

Comme ce point d'Optique n'a jamais été bien éclairci, j'entrerai dans quelque détail à cet égard ; on peut démontrer que deux objets également lumineux & dont les diamètres sont différens, ou bien que deux objets dont les diamètres sont égaux, & dont l'intensité de lumière est différente, doivent être observés avec des lunettes

différentes; que pour obſerver avec le plus grand avantage poſſible, il faudroit des lunettes différentes pour chaque Planète; que, par exemple, Vénus qui nous paroît bien plus petite que la Lune, & dont je ſuppoſe pour un inſtant la lumière égale à celle de la Lune, doit être obſervée avec une lunette d'un plus long foyer que la Lune; & que la perfection des lunettes, pour en tirer le plus grand avantage poſſible, dépend d'une combinaiſon qu'il faut faire, non-ſeulement entre les diamètres & les courbures des verres, comme Deſcartes l'a fait, mais encore entre ces mêmes diamètres & l'intenſité de la lumière de l'objet qu'on obſerve. Cette intenſité de la lumière de chaque objet, eſt un élément que les Auteurs qui ont écrit ſur l'Optique n'ont jamais employé, & cependant il fait plus que l'augmentation de l'angle ſous lequel un objet doit nous paroître, en vertu de la courbure des verres. Il en eſt de même d'une choſe qui ſemble être un paradoxe, c'eſt que les miroirs ardens, ſoit par réflexion, ſoit par réfraction, feroient un effet toujours égal à quelque diſtance qu'on les mît du Soleil. Par exemple, mon miroir brûlant à 150 pieds du bois ſur la Terre, brûleroit de même à 150 pieds & avec autant de force du bois dans Saturne, où cependant la chaleur du Soleil eſt environ cent fois moindre que ſur la Terre. Je crois que les bons eſprits ſentiront bien, ſans autre démonſtration, la vérité de ces deux propoſitions, quoique toutes deux nouvelles & ſingulières.

Mais pour ne pas m'écarter du ſujet que je me ſuis

proposé, & pour démontrer que Descartes n'ayant pas la théorie qui est nécessaire pour construire les miroirs d'Archimède, il n'étoit pas en état de prononcer qu'ils étoient impossibles, je vais faire sentir, autant que je le pourrai, en quoi consistoit la difficulté de cette invention.

Si le Soleil au lieu d'occuper à nos yeux un espace de 32 minutes de degré, étoit réduit en un point, alors il est certain que ce point de lumière réfléchie par un point d'une surface polie, produiroit à toutes les distances une lumière & une chaleur égales, parce que l'interposition de l'air ne fait rien ou presque rien ici; que par conséquent un miroir dont la surface seroit égale à celle d'un autre brûleroit à dix lieues à peu près aussi-bien que le premier brûleroit à 10 pieds, s'il étoit possible de le travailler sur une *sphère de quarante lieues*, comme on peut travailler l'autre sur une sphère de 40 pieds; parce que chaque point de la surface du miroir réfléchissant le point lumineux auquel nous avons réduit le disque du Soleil, on auroit, en variant la courbure des miroirs, une égale chaleur ou une égale lumière à toutes les distances sans *changer leurs diamètres*; ainsi pour brûler à une grande distance, *dans ce cas il faudroit* en effet un miroir très-exactement *travaillé sur une sphère*, ou une hyperboloïde proportionnée à la distance, ou bien un miroir brisé en une infinité de points physiques plans, qu'il faudroit faire coïncider au même point; mais le disque du Soleil occupant un espace de 32 minutes de degré, il est clair que le même miroir sphérique ou hyperbolique ou d'une autre

figure quelconque, ne peut jamais, en vertu de cette figure, réduire l'image du Soleil en un eſpace plus petit que de 32 minutes; que dès-lors l'image augmentera toujours à meſure qu'on s'éloignera; que de plus chaque point de la ſurface nous donnera une image d'une même largeur, par exemple, d'un demi-pied à 60 pieds: or comme il eſt nécéſſaire pour produire tout l'effet poſſible que toutes ces images coïncident dans cet eſpace d'un demi-pied, alors au lieu de briſer le miroir en une infinité de parties, il eſt évident qu'il eſt à peu-près égal & beaucoup plus commode de ne le briſer qu'en un petit nombre de parties planes d'un demi-pied de diamètre chacune, parce que chaque petit miroir plan d'un demi-pied donnera une image d'environ un demi-pied, qui ſera à peu-près auſſi lumineuſe qu'une pareille ſurface d'un demi-pied priſe dans le miroir ſphérique ou hyperbolique.

La théorie de mon miroir ne conſiſte donc pas, comme on l'a dit ici, à avoir trouvé l'art d'inſcrire aiſément des plans dans une ſurface ſphérique & le moyen de changer à volonté la courbure de cette ſurface ſphérique; mais elle ſuppoſe cette remarque plus délicate & qui n'avoit jamais été faite, c'eſt qu'il y a preſque autant d'avantage à ſe ſervir de miroirs plans que de miroirs de toute autre figure, dès qu'on veut brûler à une certaine diſtance, & que la grandeur du miroir plan eſt déterminée par la grandeur de l'image à cette diſtance, en ſorte qu'à la diſtance de 60 pieds, où l'image du Soleil a environ un demi-pied de diamètre, on brûlera à peu-près auſſi-bien

avec des miroirs plans d'un demi-pied qu'avec des miroirs hyperboliques les mieux travaillés, pourvu qu'ils n'aient que la même grandeur. De même avec des miroirs plans d'un pouce & demi, on brûlera à 15 pieds à peu-près avec autant de force qu'avec un miroir exactement travaillé dans toutes ses parties, & pour le dire en un mot, un miroir à facettes plates produira à peu-près autant d'effet qu'un miroir travaillé avec la dernière exactitude dans toutes ses parties, pourvu que la grandeur de chaque facette soit égale à la grandeur de l'image du Soleil; & c'est par cette raison qu'il y a une certaine proportion entre la grandeur des miroirs plans & les distances, & que pour brûler plus loin, on peut employer, même avec avantage, de plus grandes glaces dans mon miroir que pour brûler plus près.

Car si cela n'étoit pas, on sent bien qu'en réduisant, par exemple, mes glaces de six pouces à trois pouces, & employant quatre fois autant de ces glaces que des premières, ce qui revient au même pour l'étendue de la surface du miroir, j'aurois eu quatre fois plus d'effet, & que plus les glaces seroient petites & plus le miroir produiroit d'effet; & c'est à ceci que se seroit réduit l'art de quelqu'un qui auroit seulement tenté d'inscrire une surface polygone dans une sphère, & qui auroit imaginé l'ajustement dont je me suis servi pour faire changer à volonté la courbure de cette surface; il auroit fait les glaces les plus petites qu'il auroit été possible; mais le fond & la théorie de la chose est d'avoir reconnu qu'il

n'étoit pas ſeulement queſtion d'inſcrire une ſurface polygone dans une ſphère avec exactitude, & d'en faire varier la courbure à volonté; mais encore que chaque partie de cette ſurface devoit avoir une certaine grandeur déterminée pour produire aiſément un grand effet; ce qui fait un problème fort différent, & dont la ſolution m'a fait voir qu'au lieu de travailler ou de briſer un miroir dans toutes ſes parties pour faire coïncider les images au même endroit, il ſuffiſoit de le briſer ou de le travailler à facettes planes en grandes portions égales à la grandeur de l'image, & qu'il y avoit peu à gagner en le briſant en de trop petites parties, ou, ce qui eſt la même choſe, en le travaillant exactement dans tous ſes points. C'eſt pour cela que j'ai dit dans mon Mémoire, que pour brûler à de grandes diſtances il falloit imaginer quelque choſe de nouveau & tout-à-fait indépendant de ce qu'on avoit penſé & pratiqué juſqu'ici, & ayant ſupputé géométriquement la différence, j'ai trouvé qu'un miroir parfait de quelque courbure qu'il puiſſe être, n'aura jamais plus d'avantage ſur le mien que de 17 à 10, & qu'en même temps l'exécution en ſeroit impoſſible pour ne brûler même qu'à une petite diſtance comme de 25 ou 30 pieds. Mais revenons aux aſſertions de Deſcartes.

Il dit enſuite « qu'ayant deux verres ou miroirs ardens, » dont l'un ſoit beaucoup plus grand que l'autre, de quel- » que façon qu'ils puiſſent être, pourvu que leurs figures » ſoient toutes pareilles, le plus grand doit bien ramaſſer » les rayons du Soleil en un plus grand eſpace & plus loin

de soi que le plus petit, mais que ces rayons ne doivent point avoir plus de force en chaque partie de cet espace qu'en celui où le plus petit les ramasse, en sorte qu'on peut faire des verres ou miroirs extrêmement petits, qui brûleront avec autant de violence que les plus grands. »

Ceci est absolument contraire aux expériences que j'ai rapportées dans mon Mémoire, où j'ai fait voir qu'à égale intensité de lumière un grand foyer brûle beaucoup plus qu'un petit, & c'est en partie sur cette remarque, toute opposée au sentiment de Descartes, que j'ai fondé la théorie de mes miroirs ; car voici ce qui suit de l'opinion de ce Philosophe. Prenons un grand miroir ardent, comme celui du sieur Segard, qui a 32 pouces de diamètre, & un foyer de 9 lignes de largeur à 6 pieds de distance, auquel foyer le cuivre se fond en une minute, & faisons dans les mêmes proportions un petit miroir ardent de 32 lignes de diamètre, dont le foyer sera de $\frac{9}{12}$ ou de $\frac{3}{4}$ de ligne de diamètre, & la distance de 6 pouces ; puisque le grand miroir fond le cuivre en une minute dans l'étendue de son foyer qui est de 9 lignes, le petit doit, selon Descartes, fondre dans le même temps la même matière dans l'étendue de son foyer qui est de $\frac{3}{4}$ de ligne ; or j'en appelle à l'expérience, & on verra que bien loin de fondre le cuivre, à peine ce petit verre brûlant pourra-t-il lui donner un peu de chaleur.

Comme ceci est une remarque physique & qui n'a pas peu servi à augmenter mes espérances lorsque je doutois encore si je pourrois produire du feu à une grande

diſtance, je crois devoir communiquer ce que j'ai penſé à ce ſujet.

La première choſe à laquelle je fis attention, c'eſt que la chaleur ſe communique de proche en proche & ſe diſperſe, quand même elle eſt appliquée continuellement ſur le même point; par exemple, ſi on fait tomber le foyer d'un verre ardent ſur le centre d'un écu, & que ce foyer n'ait qu'une ligne de diamètre, la chaleur qu'il produit ſur le centre de l'écu ſe diſperſe & s'étend dans le volume entier de l'écu, & il devient chaud juſqu'à la circonférence, dès-lors toute la chaleur, quoiqu'employée d'abord contre le centre de l'écu, ne s'y arrête pas & ne peut pas produire un auſſi grand effet que ſi elle y demeuroit toute entière. Mais ſi au lieu d'un foyer d'une ligne qui tombe ſur le milieu de l'écu, je fais tomber ſur l'écu tout entier un foyer d'égale force au premier, toutes les parties de l'écu étant également échauffées dans ce dernier cas; il n'y a pas de perte de chaleur comme dans le premier, & le point du milieu profitant de la chaleur des autres points, autant que ces points profitent de la ſienne, l'écu ſera fondu par la chaleur dans ce dernier cas, tandis que dans le premier il n'aura été que légèrement échauffé. De-là je conclus que toutes les fois qu'on peut faire un grand foyer on eſt ſûr de produire de plus grands effets qu'avec un petit foyer, quoique l'intenſité de lumière ſoit la même dans tous deux; & qu'un petit miroir ardent ne peut jamais faire autant d'effet qu'un grand; & même qu'avec une moindre intenſité

intenſité de lumière, un grand miroir doit faire plus d'effet qu'un petit, la figure de ces deux miroirs étant toujours ſuppoſée ſemblable. Ceci, qui comme l'on voit, eſt directement oppoſé à ce que dit Deſcartes, s'eſt trouvé confirmé par les expériences rapportées dans mon Mémoire: mais je ne me ſuis pas borné à ſavoir d'une manière générale que les grands foyers agiſſoient avec plus de force que les petits, j'ai déterminé à très-peu près de combien eſt cette augmentation de force, & j'ai vu qu'elle étoit très-conſidérable; car j'ai trouvé que s'il faut dans un miroir cent quarante-quatre fois la ſurface d'un foyer de ſix lignes de diamètre pour brûler, il faut au moins le double, c'eſt-à-dire, deux cents quatre-vingt-huit fois cette ſurface pour brûler à un foyer de deux lignes; & qu'à un foyer de 6 pouces il ne faut pas trente fois cette même ſurface du foyer pour brûler, ce qui fait comme l'on voit une prodigieuſe différence & ſur laquelle j'ai compté lorſque j'ai entrepris de faire mon miroir, ſans cela il y auroit eu de la témérité à l'entreprendre & il n'auroit pas réuſſi. Car ſuppoſons un inſtant que je n'euſſe pas eu cette connoiſſance de l'avantage des grands foyers ſur les petits; voici comme j'aurois été obligé de raiſonner. Puiſqu'il faut à un miroir deux cents quatre-vingt-huit fois la ſurface du foyer pour brûler dans un eſpace de deux lignes, il faudra de même deux cents quatre-vingt-huit glaces ou miroirs de 6 pouces pour brûler dans un eſpace de 6 pouces, & dès-lors, pour brûler ſeulement à 100 pieds, il auroit fallu un miroir

composé d'environ onze cents cinquante-deux glaces de 6 pouces, ce qui étoit une grandeur énorme pour un petit effet, & cela étoit plus que suffisant pour me faire abandonner mon projet; mais connoissant l'avantage considérable des grands foyers sur les petits, qui dans ce cas est de 288 à 30, je sentis qu'avec cent vingt glaces de 6 pouces je brûlerois très-certainement à 100 pieds, & c'est sur cela que j'entrepris avec confiance la construction de mon miroir qui, comme l'on voit, suppose une théorie tant mathématique que physique, fort différente de ce qu'on pouvoit imaginer au premier coup d'œil.

Descartes, ne devoit donc pas affirmer qu'un petit miroir ardent brûloit aussi violemment qu'un grand.

Il dit ensuite, « & un miroir ardent dont le diamètre » n'est pas plus grand qu'environ la centième partie de la » distance qui est entre lui & le lieu où il doit rassembler » les rayons du Soleil; c'est-à-dire, qui a même proportion » avec cette distance qu'a le diamètre du Soleil avec celle » qui est entre lui & nous, fût-il poli par un Ange, ne peut » faire que les rayons qu'il assemble, échauffent plus en » l'endroit où il les assemble que ceux qui viennent direc- » tement du Soleil, ce qui se doit aussi entendre des verres » brûlans à proportion; d'où vous pouvez voir que ceux » qui ne sont qu'à demi-savans en l'Optique, se laissent » persuader beaucoup de choses qui sont impossibles, & » que ces miroirs, dont on a dit qu'Archimède brûloit des » navires de fort loin, devoient être extrêmement grands » ou plutôt qu'ils sont fabuleux. »

C'eſt ici où je bornerai mes réflexions : ſi notre illuſtre Philoſophe eût ſu que les grands foyers brûlent plus que les petits à égale intenſité de lumière, il auroit jugé bien différemment, & il auroit mis une forte reſtriction à cette concluſion.

Mais indépendamment de cette connoiſſance qui lui manquoit, ſon raiſonnement n'eſt point du tout exact ; car un miroir ardent, dont le diamètre n'eſt pas plus grand qu'environ la centième partie qui eſt entre lui & le lieu où il doit raſſembler les rayons, n'eſt plus un miroir ardent, puiſque le diamètre de l'image eſt environ égal au diamètre du miroir dans ce cas, & par conſéquent il ne peut raſſembler les rayons, comme le dit Deſcartes, qui *ſemble n'avoir pas vu qu'on doit réduire ce cas à celui des miroirs plans*. Mais de plus, en n'employant que ce qu'il ſavoit, & ce qu'il avoit prévu, il eſt viſible que s'il eût réfléchi ſur l'effet de ce prétendu miroir qu'il ſuppoſe poli par un Ange, & qui ne doit pas raſſembler, mais ſeulement réfléchir la lumière avec autant de force qu'elle en a en venant directement du Soleil ; il auroit vu qu'il étoit poſſible de brûler à de grandes diſtances avec un miroir de médiocre grandeur, s'il eût pu lui donner la figure convenable, car il auroit trouvé que dans cette hypothèſe, un miroir de cinq pieds auroit brûlé à plus de deux cents pieds, parce qu'il ne faut pas ſix fois la chaleur du Soleil pour brûler à cette diſtance ; & de même qu'un miroir de ſept pieds auroit brûlé à près de 400 pieds, ce qui ne fait pas des miroirs

aſſez grands pour qu'on puiſſe les traiter de fabuleux.

Il me reſte à obſerver que Deſcartes ignoroit combien il falloit de fois la lumière du Soleil pour brûler, qu'il ne dit pas un mot des miroirs plans, qu'il étoit fort éloigné de ſoupçonner la mécanique par laquelle on pouvoit les diſpoſer pour brûler au loin, & que par conſéquent il a prononcé ſans avoir aſſez de connoiſſance ſur cette matière & même ſans avoir fait aſſez de réflexions ſur ce qu'il en ſavoit.

Au reſte je ne ſuis pas le premier qui ait fait quelques reproches à Deſcartes ſur ce ſujet, quoique j'en aie acquis le droit plus qu'un autre, car pour ne pas ſortir du ſein de cette Compagnie *(a)*, je trouve que M. du Fay en a preſque dit autant que moi. Voici ſes paroles : *Il ne s'agit pas*, dit-il, *ſi un tel miroir qui brûleroit à 600 pieds eſt poſſible ou non, mais ſi, phyſiquement parlant, cela peut arriver. Cette opinion a été extrêmement contredite, & je dois mettre Deſcartes à la tête de ceux qui l'ont combattue.* Mais quoique M. du Fay regardât la choſe comme impoſſible à exécuter, il n'a pas laiſſé de ſentir que Deſcartes avoit eu tort d'en nier la poſſibilité dans la théorie. J'avouerai volontiers que Deſcartes a entrevu ce qui arrive aux images réfléchies ou réfractées à différentes diſtances, & qu'à cet égard ſa théorie eſt peut-être auſſi bonne que celle de M. du Fay, que ce dernier n'a pas développée : mais les inductions qu'il en tire ſont trop générales & trop vagues, & les

(a) L'Académie Royale des Sciences.

dernières conséquences sont fausses ; car si Descartes eût bien compris toute cette matière, au lieu de traiter le miroir d'Archimède de chose impossible & fabuleuse, voici ce qu'il auroit dû conclure de sa propre théorie. Puisqu'un miroir ardent, dont le diamètre n'est pas plus grand que la centième partie de la distance qui est entre le lieu où il doit rassembler les rayons du Soleil, fût-il poli par un Ange, ne peut faire que les rayons qu'il assemble échauffent plus en l'endroit où il les assemble que ceux qui viennent directement du Soleil ; ce miroir ardent doit être considéré comme un miroir plan parfaitement poli, & par conséquent pour brûler à une grande distance, il faut autant de ces miroirs plans qu'il faut de fois la lumière directe du Soleil pour brûler ; en sorte que les miroirs dont on dit qu'Archimède s'est servi pour brûler des vaisseaux de loin, devoient être composés de miroirs plans, dont il falloit au moins un nombre égal au nombre de fois qu'il faut la lumière directe du Soleil pour brûler ; cette conclusion qui eût été la vraie, selon ses principes, est, comme l'on voit, fort différente de celle qu'il a donnée.

On est maintenant en état de juger si je n'ai pas traité le célèbre Descartes avec tous les égards que mérite son grand nom, lorsque j'ai dit dans mon Mémoire : *Descartes né pour juger & même pour surpasser Archimède, a prononcé contre lui d'un ton de maître : il a nié la possibilité de l'invention, & son opinion a prévalu sur les témoignages & la croyance de toute l'antiquité.*

Ce que je viens d'exposer suffit pour justifier ces termes

que l'on m'a reprochés, & peut-être même sont-ils trop forts, car Archimède étoit un très-grand génie, & lorsque j'ai dit que Descartes étoit né pour le juger, & même pour le surpasser, j'ai senti qu'il pouvoit bien y avoir un peu de compliment national dans mon expression.

J'aurois encore beaucoup de choses à dire sur cette matière, mais comme ceci est déjà bien long, quoique j'aie fait tous mes efforts pour être court, je me bornerai pour le fond du sujet à ce que je viens d'exposer, mais je ne puis me dispenser de parler encore un moment au sujet de l'historique de la chose, afin de satisfaire par ce seul Mémoire à toutes les objections & difficultés qu'on m'a faites.

Je ne prétends pas prononcer affirmativement qu'Archimède se soit servi de pareils miroirs au siége de Syracuse, ni même que ce soit lui qui les ait inventés, & je ne les ai appelés *les miroirs d'Archimède*, que parce qu'ils étoient connus sous ce nom depuis plusieurs siècles; les Auteurs contemporains & ceux des temps qui suivent celui d'Archimède, & qui sont parvenus jusqu'à nous, ne font pas mention de ces miroirs. Tite-Live, à qui le merveilleux fait tant de plaisir à raconter, n'en parle pas; Polybe, à l'exactitude de qui les grandes inventions n'auroient pas échappé, puisqu'il entre dans le détail des plus petites, & qu'il décrit très-soigneusement les plus légères circonstances du siége de Syracuse, garde un silence profond au sujet de ces miroirs. Plutarque, ce judicieux & grave Auteur, qui a rassemblé un si grand nombre de faits particuliers de la

vie d'Archimède, parle auſſi peu des miroirs que les deux précédens. En voilà plus qu'il n'en faut pour ſe croire fondé à douter de la vérité de cette hiſtoire; cependant ce ne ſont ici que des témoignages négatifs, & quoiqu'ils ne ſoient pas indifférens, ils ne peuvent jamais donner une probabilité équivalente à celle d'un ſeul témoignage poſitif.

Galien qui vivoit dans le ſecond ſiècle, eſt le premier qui en ait parlé, & après avoir raconté l'hiſtoire d'un homme qui enflamma de loin un monceau de bois réſineux, mêlé avec de la fiente de pigeon, il dit, que c'eſt de cette façon qu'Archimède brûla les vaiſſeaux des Romains; mais comme il ne décrit pas ce moyen de brûler de loin, & que ſon expreſſion peut ſignifier auſſi-bien un feu qu'on auroit lancé à la main, ou par quelque machine, qu'une lumière réfléchie par un miroir, ſon témoignage n'eſt pas aſſez clair pour qu'on puiſſe en rien conclure d'affirmatif: cependant on doit préſumer, & même avec une grande probabilité, qu'il ne rapporte l'hiſtoire de cet homme qui brûla au loin, que parce qu'il le fit d'une manière ſingulière, & que s'il n'eût brûlé qu'en lançant le feu à la main, ou en le jetant par le moyen d'une machine, il n'y auroit eu rien d'extraordinaire dans cette façon d'enflammer; rien par conſéquent qui fût digne de remarque, & qui méritât d'être rapporté & comparé à ce qu'avoit fait Archimède, & dès-lors Galien n'en eût pas fait mention.

On a auſſi des témoignages ſemblables de deux ou

trois autres Auteurs du III.e ſiècle, qui diſent *ſeulement* qu'Archimède brûla de loin les vaiſſeaux des Romains, ſans expliquer les moyens dont il ſe ſervit; mais les témoignages des Auteurs du XII.e ſiècle ne ſont point équivoques, & ſur-tout ceux de Zonaras & de Tzetzès que j'ai cités, c'eſt-à-dire, ils nous font voir clairement que cette invention étoit connue des Anciens, car la deſcription qu'en fait ce dernier Auteur, ſuppoſe néceſſairement ou qu'il eût trouvé lui-même le moyen de conſtruire ces miroirs, ou qu'il l'eût appris & cité d'après quelque Auteur qui en avoit fait une très-exacte deſcription, & que l'inventeur, quel qu'il fût, entendoit à fond la théorie de ces miroirs, ce qui réſulte de ce que dit Tzetzès de la figure de 24 angles ou 24 côtés qu'avoient les petits miroirs, ce qui eſt en effet la figure la plus avantageuſe; ainſi on ne peut pas douter que ces miroirs n'aient été inventés & exécutés autrefois, & le témoignage de Zonaras au ſujet de Proclus n'eſt pas ſuſpect, *Proclus s'en ſervit*, dit-il, *au ſiége de Conſtantinople, l'an 514, & il brûla la flotte de Vitalien.* Et même ce que Zonaras ajoute me paroît une eſpèce de preuve, qu'Archimède étoit le premier inventeur de ces miroirs, car il dit préciſément que cette découverte étoit ancienne, & que l'hiſtorien Dion en attribue l'honneur à Archimède qui la fit & s'en ſervit contre les Romains au ſiége de Syracuſe; les Livres de Dion, où il eſt parlé du ſiége de Syracuſe, ne ſont pas parvenus juſqu'à nous, mais il y a grande apparence qu'ils exiſtoient encore du temps de

Zonaras,

Zonaras, & que ſans cela il ne les eût pas cités comme il l'a fait. Ainſi toutes les probabilités de part & d'autre étant évaluées, il reſte une forte préſomption qu'Archimède avoit en effet inventé ces miroirs, & qu'il s'en étoit ſervi contre les Romains. Feu M. Melot, que j'ai cité dans mon Mémoire, & qui avoit fait des recherches particulières & très-exactes ſur ce ſujet, étoit de ce ſentiment, & il penſoit qu'Archimède avoit en effet brûlé les vaiſſeaux à une diſtance médiocre, & comme le dit Tzetzès, à la portée du trait; j'ai évalué la portée du trait à 150 pieds, d'après ce que m'en ont dit des Savans très-verſés dans la connoiſſance des uſages anciens; ils m'ont aſſuré que toutes les fois qu'il eſt queſtion, dans les Auteurs, de la portée du trait, on doit entendre la diſtance à laquelle un homme lançoit à la main un trait ou un javelot, & ſi cela eſt, je crois avoir donné à cette diſtance toute l'étendue qu'elle peut comporter.

J'ajouterai qu'il n'eſt queſtion dans aucun Auteur ancien, d'une plus grande diſtance, comme de trois ſtades, & j'ai déjà dit que l'Auteur qu'on m'avoit cité, Diodore de Sicile, n'en parle pas, non plus que du ſiége de Syracuſe, & que ce qui nous reſte de cet Auteur, finit à la guerre d'Ipſus & d'Antigonus, environ ſoixante ans avant le ſiége de Syracuſe; ainſi on ne peut pas excuſer Deſcartes, en ſuppoſant qu'il a cru que la diſtance à laquelle on a prétendu qu'Archimède avoit brûlé, étoit très-grande, comme, par exemple, de trois ſtades, puiſque cela n'eſt dit dans aucun Auteur ancien, & qu'au contraire il eſt dit dans Tzetzès,

que cette diſtance n'étoit que de la portée du trait; mais je ſuis convaincu que c'eſt cette même diſtance que Deſcartes a regardée comme fort grande, & qu'il étoit perſuadé qu'il n'étoit pas poſſible de faire des miroirs pour brûler à 150 pieds, qu'enfin c'eſt pour cette raiſon qu'il a traité ceux d'Archimède de fabuleux.

Au reſte, les effets du miroir que j'ai conſtruit ne doivent être regardés que comme des eſſais ſur leſquels à la vérité, on peut ſtatuer toutes proportions-gardées, mais qu'on ne doit pas conſidérer comme les plus grands effets poſſibles, car je ſuis convaincu que ſi on vouloit faire un miroir ſemblable, avec toutes les attentions néceſſaires, il produiroit plus du double de l'effet; la première attention ſeroit de prendre des glaces de figure hexagone ou même de 24 côtés, au lieu de les prendre barlongues, comme celles que j'ai employées, & cela afin d'avoir des figures qui puſſent s'ajuſter enſemble ſans laiſſer de grands intervalles, & qui approchaſſent en même temps de la figure circulaire; la ſeconde, ſeroit de faire polir ces glaces juſqu'au dernier degré par un Lunetier, au lieu de les employer telles qu'elles ſortent de la manufacture, où le poliment ſe faiſant par une portion de cercle, les glaces ſont toujours un peu concaves & irrégulières; la troiſième attention ſeroit de choiſir parmi un grand nombre de glaces, celles qui donneroient à une grande diſtance une image plus vive & mieux terminée, ce qui eſt extrêmement important, & au point qu'il y a dans mon miroir des glaces qui font ſeules trois fois plus d'effet que d'autres à

une grande distance, quoiqu'à une petite distance, comme de 20 où 25 pieds, l'effet en paroisse absolument le même. Quatrièmement, il faudroit des glaces d'un demi-pied tout au plus de surface pour brûler à 150 ou 200 pieds, & d'un pied de surface pour brûler à 3 ou 400 pieds. Cinquièmement, il faudroit les faire étamer avec plus de soin qu'on ne le fait ordinairement; j'ai remarqué qu'en général les glaces fraîchement étamées, réfléchissent plus de lumière que celles qui le sont anciennement; l'étamage en se séchant, se gerse, se divise & laisse de petits intervalles qu'on aperçoit en y regardant de près avec une loupe, & ces petits intervalles donnant passage à la lumière, la glace en réfléchit d'autant moins. On pourroit trouver le moyen de faire un meilleur étamage, & je crois qu'on y parviendroit en employant de l'or & du vif-argent, la lumière seroit peut-être un peu jaune par la réflexion de cet étamage; mais bien loin que cela fit un désavantage, j'imagine au contraire qu'il y auroit à gagner, parce que les rayons jaunes sont ceux qui ébranlent le plus fortement la rétine & qui brûlent le plus violemment, comme je crois m'en être assuré, en réunissant, au moyen d'un verre lenticulaire, une quantité de rayons jaunes qui m'étoient fournis par un grand prisme, & en comparant leur action avec une égale quantité de rayons de toute autre couleur réunis par le même verre lenticulaire, & fournis par le même prisme.

Sixièmement, il faudroit un chassis de fer & des vis de cuivre, & un ressort pour assujettir chacune des petites

planches qui portent les glaces, tout cela conforme à un modèle que j'ai fait exécuter par le fieur Chopitel, afin que la féchereffe & l'humidité qui agiffent fur le chaffis & les vis en bois ne caufaffent pas d'inconvénient, & que le foyer, lorfqu'il eft une fois formé, ne fût pas fujet à s'élargir, & à fe déranger lorfqu'on fait rouler le miroir fur fon pivot, ou qu'on le fait tourner autour de fon axe pour fuivre le Soleil : il faudroit auffi y ajouter une alidade avec deux pinnules au milieu de la partie inférieure du chaffis, afin de s'affurer de la pofition du miroir par rapport au Soleil, & une autre alidade femblable, mais dans un plan vertical au plan de la première pour fuivre le Soleil à fes différentes hauteurs.

Au moyen de toutes ces attentions, je crois pouvoir affurer, par l'expérience que j'ai acquife en me fervant de mon miroir, qu'on pourroit en réduire la grandeur à moitié, & qu'au lieu d'un miroir de fept pieds avec lequel j'ai brûlé du bois à 150 pieds, on produiroit le même effet avec un miroir de cinq pieds $\frac{1}{2}$, ce qui n'eft, comme l'on voit, qu'une très-médiocre grandeur pour un très-grand effet; & de même, je crois pouvoir affurer qu'il ne faudroit alors qu'un miroir de quatre pieds $\frac{1}{2}$ pour brûler à 100 pieds, & qu'un miroir de trois pieds $\frac{1}{2}$ brûleroit à 60 pieds, ce qui eft une diftance bien confidérable en comparaifon du diamètre du miroir.

Avec un affemblage de petits miroirs plans hexagones & d'acier poli, qui auroient plus de folidité, plus de durée que les glaces étamées, & qui ne feroient point fujets aux

altérations que la lumière du Soleil fait subir à la longue à l'étamage, on pourroit produire des effets très-utiles, & qui dédommageroient amplement des dépenses de la construction du miroir.

1.° Pour toutes les évaporations des eaux salées, où l'on est obligé de consommer du bois & du charbon, ou d'employer l'art des bâtimens de graduation qui coûtent beaucoup plus que la construction de plusieurs miroirs tels que je les propose. Il ne faudroit, pour l'évaporation des eaux salées, qu'un assemblage de douze miroirs plans d'un pied quarré chacun; la chaleur qu'ils réfléchiront à leur foyer, quoique dirigée au-dessous de leur niveau, & à 15 ou 16 pieds de distance, sera encore assez grande pour faire bouillir l'eau, & produire par conséquent une prompte évaporation, car la chaleur de l'eau bouillante n'est que triple de la chaleur du Soleil d'été; & comme la réflexion d'une surface plane bien polie ne diminue la chaleur que de moitié, il ne faudroit que six miroirs pour produire au foyer une chaleur égale à celle de l'eau bouillante, mais j'en double le nombre afin que la chaleur se communique plus vîte, & aussi à cause de la perte occasionnée par l'obliquité, sous laquelle le faisceau de la lumière tombe sur la surface de l'eau qu'on veut faire évaporer, & encore parce que l'eau salée s'échauffe plus lentement que l'eau douce. Ce miroir dont l'assemblage ne formeroit qu'un quarré de quatre pieds de largeur sur trois de hauteur, seroit aisé à manier & à transporter; & si l'on vouloit en doubler ou tripler les effets dans le même temps, il vaudroit

mieux faire plusieurs miroirs semblables, c'est-à-dire, doubler ou tripler le nombre de ces mêmes miroirs de quatre pieds sur trois que d'en augmenter l'étendue; car l'eau ne peut recevoir qu'un certain degré de chaleur déterminée, & l'on ne gagneroit presque rien à augmenter ce degré & par conséquent la grandeur du miroir; au lieu qu'en faisant deux foyers par deux miroirs égaux, on doublera l'effet de l'évaporation, & on le triplera par trois miroirs dont les foyers tomberont *séparément les uns des* autres sur la surface de l'eau qu'on veut faire évaporer. Au reste, l'on ne peut éviter la perte causée par l'obliquité, & si l'on veut y remédier, ce ne peut être que par une autre perte encore plus grande, en recevant d'abord les rayons du Soleil sur une grande glace qui les réfléchiroit sur le miroir brisé, car alors il brûleroit en bas au lieu de brûler en haut, mais il perdroit moitié de la chaleur par la première réflexion, & moitié du reste par la seconde, en sorte qu'au lieu de six petits miroirs, il en faudroit douze pour obtenir une chaleur égale à celle de l'eau bouillante.

Pour que l'évaporation se fasse avec plus de succès, il faudra diminuer l'épaisseur de l'eau autant qu'il sera possible. Une masse d'eau d'un pied d'épaisseur ne s'évaporera pas aussi vîte, à beaucoup près, que la même masse réduite à six pouces d'épaisseur & augmentée du double en superficie. D'ailleurs le fond étant plus près de la surface, il s'échauffe plus promptement, & cette chaleur que reçoit le fond du vaisseau contribue encore à la célérité de l'évaporation.

2.° On pourra ſe ſervir avec avantage de ces miroirs pour calciner les plâtres & même les pierres calcaires, mais il les faudroit plus grands, & placer les matières en haut afin de ne rien perdre par l'obliquité de la lumière. On a vu par les expériences détaillées dans le ſecond de ces Mémoires, que le gyps s'échauffe plus d'une fois plus vîte que la pierre calcaire tendre, & près de deux fois plus vîte que le marbre ou la pierre calcaire dure, leur calcination reſpective doit être en même raiſon. J'ai trouvé par une expérience répétée trois fois, qu'il faut un peu plus de chaleur pour calciner le gyps blanc qu'on appelle *albâtre*, que pour fondre le plomb. Or la chaleur néceſſaire pour fondre le plomb, eſt ſuivant les expériences de Newton, huit fois plus grande que la chaleur du Soleil d'été, il faudroit donc au moins ſeize petits miroirs pour calciner le gyps, & à cauſe des pertes occaſionnées, tant par l'obliquité de la lumière que par l'irrégularité du foyer, qu'on n'éloignera pas au-delà de quinze pieds, je préſume qu'il faudroit vingt & peut-être vingt-quatre miroirs d'un pied quarré chacun, pour calciner le gyps en peu de temps: par conſéquent il faudroit un aſſemblage de quarante-huit de ces petits miroirs pour opérer la calcination ſur la pierre calcaire la plus tendre, & ſoixante-douze des mêmes miroirs d'un pied en quarré pour calciner les pierres calcaires dures. Or un miroir de douze pieds de largeur ſur ſix pieds de hauteur, ne laiſſe pas d'être une groſſe machine embarraſſante & difficile à mouvoir, à monter & à maintenir.

Cependant on viendroit à bout de ces difficultés, si le produit de la calcination étoit assez considérable pour équivaloir & même surpasser la dépense de la consommation du bois; il faudroit pour s'en assurer, commencer par calciner le plâtre avec un miroir de vingt-quatre pièces, & si cela réussissoit, faire deux autres miroirs pareils, au lieu d'en faire un grand de soixante-douze pièces; car en faisant coïncider les foyers de ces trois miroirs de vingt-quatre pièces on produira une chaleur égale, & qui seroit assez forte pour calciner le marbre ou la pierre dure.

Mais une chose très-essentielle reste douteuse, c'est de savoir combien il faudroit de temps pour calciner, par exemple, un pied cube de matière, sur-tout si ce pied cube n'étoit frappé de chaleur que par une face? je vois qu'il se passeroit du temps avant que la chaleur n'eût pénétré toute son épaisseur, je vois que pendant tout ce temps, il s'en perdroit une assez grande partie qui sortiroit de ce bloc de matière après y être entrée; je crains donc beaucoup que la pierre n'étant pas saisie par la chaleur de tous les côtés à la fois, la calcination ne fût très-lente, & le produit en chaux très-petit. L'expérience seule peut ici décider; mais il faudroit au moins la tenter sur les matières gypseuses dont la calcination doit être une fois plus prompte que celle des pierres calcaires *(f)*.

En

(f) Il vient de paroître un petit Ouvrage rempli de grandes vues, de M. l'Abbé Scipion Bexon, qui a pour titre : *Système de la fertilisation*. Il propose mes miroirs comme un moyen facile pour réduire

En concentrant cette chaleur du Soleil dans un four qui n'auroit d'autre ouverture que celle qui laisseroit entrer la lumière, on empêcheroit en grande partie la chaleur de s'évaporer, & en mêlant avec les pierres calcaires une petite quantité de brasque ou poudre de charbon qui de toutes les matières combustibles est la moins chère; cette légère quantité d'alimens suffiroit pour nourrir & augmenter de beaucoup la quantité de chaleur, ce qui produiroit une plus ample & plus prompte calcination, & à très-peu de frais, comme on l'a vu par la seconde expérience du quatrième Mémoire.

3.° Ces miroirs d'Archimède peuvent servir en effet à mettre le feu dans des voiles de vaisseaux, & même dans le bois goudronné à plus de 150 pieds de distance; on pourroit s'en servir aussi contre ses ennemis en brûlant les blés & les autres productions de la terre; cet effet qui seroit assez prompt, seroit très-dommageable, mais ne nous occupons pas des moyens de faire du mal, & ne pensons qu'à ceux qui peuvent procurer quelque bien à l'humanité.

4.° Ces miroirs fournissent le seul & unique moyen qu'il y ait de mesurer exactement la chaleur, il est évident que deux miroirs dont les images lumineuses se réunissent, produisent une chaleur double dans tous les points de la

---

réduire en chaux toutes les matières calcaires; mais il leur attribue plus de puissance qu'ils n'en ont réellement, & ce n'est qu'en les multipliant qu'on pourroit obtenir les grands effets qu'il s'en promet.

ſurface qu'elles occupent, que trois, quatre, cinq, &c. miroirs donneront de même une chaleur triple, quadruple, quintuple, &c. & que par conſéquent on peut par ce moyen faire un thermomètre dont les diviſions ne ſeront point arbitraires, & les échelles différentes, comme le ſont celles de tous les thermomètres dont on s'eſt ſervi juſqu'à ce jour. La ſeule choſe arbitraire qui entreroit dans la conſtruction de ce thermomètre, ſeroit la ſuppoſition du nombre total des parties du mercure en partant du degré du froid abſolu; mais en le prenant à 10000° au-deſſous de la congélation de l'eau, au lieu de 1000, comme dans nos thermomètres ordinaires, on approcheroit beaucoup de la réalité, ſur-tout en choiſiſſant les jours de l'hiver les plus froids pour graduer le thermomètre; chaque image du Soleil lui donneroit un degré de chaleur au-deſſus de la température que nous ſuppoſerons à celui de la glace. Le point auquel s'éléveroit le mercure par la chaleur de la première image du Soleil, ſeroit marqué 1. Le point où il s'éléveroit par la chaleur de deux images égales & réunies, ſera marqué 2. Celui où trois images le feront monter, ſera marqué 3, & ainſi de ſuite juſqu'à la plus grande hauteur qu'on pourroit étendre juſqu'au degré 36. On auroit à ce degré une augmentation de chaleur trente-ſix fois plus grande que celle du premier degré; dix-huit fois plus grande que celle du ſecond; douze fois plus grande que celle du troiſième; neuf fois plus grande que celle du quatrième, &c. cette augmentation 36 de chaleur au-deſſus de celle de la glace ſeroit aſſez grande pour fondre le

plomb, & il y a toute apparence que le mercure qui se *volatilise* à une bien moindre chaleur, feroit par sa vapeur *casser* le thermomètre. On ne pourra donc étendre la division que jusqu'à 12, & peut-être même à 9 degrés si l'on se sert du mercure pour ces thermomètres; & l'on n'aura par ce moyen que les degrés d'une augmentation de chaleur jusqu'à 9. C'est une des raisons qui avoit déterminé Newton à se servir d'huile de lin au lieu de mercure, & en effet on pourra, en se servant de cette liqueur, étendre la division non-seulement à 12 degrés, mais jusqu'au point de cette huile bouillante. Je ne propose pas de remplir ces thermomètres avec de l'esprit-de-vin coloré, il est universellement reconnu que cette liqueur se décompose au bout d'un assez petit temps *(g)*, & que d'ailleurs elle ne peut servir aux expériences d'une chaleur un peu forte.

Lorsqu'on aura marqué sur l'échelle de ces thermomètres remplis d'huile ou de mercure, les premières divisions 1, 2, 3, 4, &c. qui indiqueront le double, le triple, le quadruple, &c. des augmentations de la chaleur, il faudra chercher les parties aliquotes de chaque division, par exemple, les points de $1\frac{1}{4}$, $2\frac{1}{4}$, $3\frac{1}{4}$, &c. ou de $1\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$, $3\frac{1}{2}$, &c. & de $1\frac{3}{4}$, $2\frac{3}{4}$, $3\frac{3}{4}$, &c. ce que l'on obtiendra par un moyen facile, qui sera de couvrir la moitié, ou le quart, ou les trois quarts de la superficie d'un des petits

(g) Plusieurs Voyageurs m'ont écrit que les Thermomètres à l'esprit-de-vin de Reaumur, leur étoient devenus tout-à-fait inutiles, parce que cette liqueur se décolore & se charge d'une espèce de boue en assez peu de temps.

miroirs, car alors l'image qu'il réfléchira, ne contiendra que le quart, la moitié ou les trois quarts de la chaleur que contient l'image entière; & par conséquent les divisions des parties aliquotes seront aussi exactes que celles des nombres entiers.

Si l'on réussit une fois à faire ce thermomètre réel, & que j'appelle ainsi, parce qu'il marqueroit réellement la proportion de la chaleur, tous les autres thermomètres, dont les échelles sont arbitraires & différentes entr'elles, deviendroient non-seulement superflus, mais même nuisibles, dans bien des cas, à la précision des vérités physiques qu'on cherche par leur moyen. On peut se rappeler l'exemple que j'en ai donné, en parlant de l'estimation de la chaleur qui émane du globe de la Terre, comparée à la chaleur qui nous vient du Soleil.

5.° Au moyen de ces miroirs brisés, on pourra aisément recueillir dans leur entière pureté, les parties volatiles de l'or & de l'argent, & des autres métaux & minéraux; car en exposant au large foyer de ces miroirs une grande plaque de métal, comme une assiette ou un plat d'argent, on en verra sortir une fumée très-abondante pendant un temps considérable, jusqu'au moment où le métal tombe en fusion, & en ne donnant qu'une chaleur un peu moindre que celle qu'exige la fusion, on fera évaporer le métal au point d'en diminuer le poids assez considérablement. Je me suis assuré de ce premier fait, qui peut fournir des lumières sur la composition intime des métaux: j'aurois bien desiré recueillir cette vapeur

abondante que le feu pur du Soleil fait fortir du métal; mais je n'avois pas les inftrumens néceffaires, & je ne puis que recommander aux Chimiftes & aux Phyficiens, de fuivre cette expérience importante, dont les réfultats feroient d'autant moins équivoques que la vapeur métallique eft ici très-pure; au lieu que dans toute opération femblable qu'on voudroit faire avec le feu commun, la vapeur métallique feroit néceffairement mêlée d'autres vapeurs provenant des matières combuftibles qui fervent d'aliment à ce feu.

D'ailleurs ce moyen eft peut-être le feul que nous ayons pour volatilifer les métaux fixes, tels que l'or & l'argent; car je préfume que cette vapeur que j'ai vu s'élever en fi grande quantité de ces métaux échauffés au large foyer de mon miroir, n'eft pas de l'eau ni quelqu'autre liqueur, mais des parties mêmes du métal que la chaleur en détache en les volatilifant. On pourroit en recevant ainfi les vapeurs pures des différens métaux les mêler enfemble, & faire par ce moyen des alliages plus intimes & plus purs qu'on ne l'a fait par la fufion & par la mixtion de ces mêmes métaux fondus, qui ne fe marient jamais parfaitement à caufe de l'inégalité de leur pefanteur fpécifique, & de plufieurs autres circonftances qui s'oppofent à l'intimité & à l'égalité parfaite du mélange. Comme les parties conftituantes de ces vapeurs métalliques font dans un état de divifion bien plus grande que dans l'état de fufion, elles fe joindroient & fe réuniroient de bien plus près & plus facilement. Enfin on arriveroit

peut-être par ce moyen à la connoiſſance d'un fait général, & que pluſieurs bonnes raiſons me font ſoupçonner depuis long-temps, c'eſt qu'il y auroit pénétration dans tous les alliages faits de cette manière, & que leur peſanteur ſpécifique ſeroit toujours plus grande que la ſomme des peſanteurs ſpécifiques des matières dont ils ſeroient composés; car la pénétration n'eſt qu'un degré plus grand d'intimité, & l'intimité, toutes choſes égales d'ailleurs, ſera d'autant plus grande que les matières ſeront dans un état de diviſion plus parfaite.

En réfléchiſſant ſur l'appareil des vaiſſeaux qu'il faudroit employer pour recevoir & recueillir ces vapeurs métalliques, il m'eſt venu une idée qui me paroît trop utile pour ne la pas publier; elle eſt auſſi trop aiſée à réaliſer, pour que les bons Chimiſtes ne la ſaiſiſſent pas. Je l'ai même communiquée à quelques-uns d'entr'eux qui m'en ont paru très-ſatisfaits. Cette idée eſt de geler le mercure dans ce climat-ci & avec un degré de froid beaucoup moindre que celui des expériences de Péterſbourg ou de Sibérie: il ne faut pour cela que recevoir la vapeur du mercure, qui eſt le mercure même volatiliſé par une très-médiocre chaleur dans une cucurbite, ou dans un vaſe auquel on donnera un certain degré de froid artificiel; ce mercure en vapeur, c'eſt-à-dire, extrêmement diviſé, offrira à l'action de ce froid des ſurfaces ſi grandes & des maſſes ſi petites, qu'au lieu de 187 degrés de froid qu'il faut pour geler le mercure en maſſe, il n'en faudroit peut-être que 18 ou 20 degrés, peut-être même moins

pour le geler en vapeurs. Je recommande cette expérience importante à tous ceux qui travaillent de bonne foi à l'avancement des Sciences.

Je pourrois ajouter à ces usages principaux du miroir d'Archimède, plusieurs autres usages particuliers; mais j'ai cru devoir me borner à ceux qui m'ont paru les plus utiles & les moins difficiles à réduire en pratique. Néanmoins je crois devoir joindre ici quelques expériences que j'ai faites sur la transmission de la lumière à travers les corps transparens, & donner en même temps quelques idées nouvelles sur les moyens d'apercevoir de loin les objets à l'œil simple, ou par le moyen d'un miroir semblable à celui dont les Anciens ont parlé, par l'effet duquel on apercevoit du port d'Alexandrie les vaisseaux d'aussi loin que la courbure de la Terre pouvoit le permettre.

Tous les Physiciens savent aujourd'hui qu'il y a trois causes qui empêchent la lumière de se réunir dans un point lorsque ses rayons ont traversé le verre objectif d'une lunette ordinaire. La première est la courbure sphérique de ce verre qui répand une partie des rayons dans un espace terminé par une courbe. La seconde, est l'angle sous lequel nous paroît à l'œil simple l'objet que nous observons; car la largeur du foyer de l'objectif a toujours à très-peu près pour diamètre une ligne égale à la corde de l'arc qui mesure cet angle. La troisième, est la différente réfrangibilité de la lumière; car les rayons les plus réfrangibles ne se rassemblent pas dans le même lieu où se rassemblent les rayons les moins réfrangibles.

On peut remédier à l'effet de la première cauſe, en ſubſtituant, comme Deſcartes l'a propoſé, des verres elliptiques ou hyperboliques aux verres ſphériques. On remédie à l'effet de la ſeconde par le moyen d'un ſecond verre placé au foyer de l'objectif, dont le diamètre eſt à peu-près égal à la largeur de ce foyer, & dont la ſurface eſt travaillée ſur une ſphère d'un rayon fort court. On a trouvé de nos jours le moyen de remédier à la troiſième, en faiſant des lunettes qu'on appelle *achromatiques*, & qui ſont compoſées de deux ſortes de verres qui diſperſent différemment les rayons colorés, de manière que la diſperſion de l'un eſt corrigée par la diſperſion de l'autre, ſans que la réfraction générale moyenne, qui conſtitue la lunette ſoit anéantie. Une lunette de 3 pieds $\frac{1}{2}$ de longueur faite ſur ce principe, équivaut pour l'effet aux anciennes lunettes de 25 pieds de longueur.

Au reſte, le remède à l'effet de la première cauſe, eſt demeuré tout-à-fait inutile juſqu'à ce jour, parce que l'effet de la dernière étant beaucoup plus conſidérable, influe ſi fort ſur l'effet total qu'on ne pouvoit rien gagner à ſubſtituer des verres hyperboliques ou elliptiques à des verres ſphériques, & que cette ſubſtitution ne pouvoit devenir avantageuſe que dans le cas où l'on pourroit trouver le moyen de corriger l'effet de la différente réfrangibilité des rayons de la lumière; il ſemble donc qu'aujourd'hui l'on feroit bien de combiner les deux moyens, & de ſubſtituer dans les lunettes achromatiques des verres elliptiques aux ſphériques.

Pour

Pour rendre ceci plus ſenſible, ſuppoſons que l'objet qu'on obſerve ſoit un point lumineux ſans étendue, telle qu'eſt une étoile fixe par rapport à nous ; il eſt certain qu'avec un objectif, par exemple, de 30 pieds de foyer, toutes les images de ce point lumineux, s'étendront en forme de courbe au foyer de ce verre s'il eſt travaillé ſur une ſphère, & qu'au contraire elles ſe réuniront en un point ſi ce verre eſt hyperbolique ; mais ſi l'objet qu'on obſerve a une certaine étendue, comme la Lune qui occupe environ un demi-degré d'eſpace à nos yeux, alors l'image de cet objet occupera un eſpace d'environ trois pouces de diamètre au foyer de l'objectif de 30 pieds, & l'aberration cauſée par la ſphéricité produiſant une confuſion dans un point lumineux quelconque, elle la produit de même ſur tous les points lumineux du diſque de la Lune, & par conſéquent la défigure en entier. Il y auroit donc dans tous les cas beaucoup d'avantage à ſe ſervir de verres elliptiques ou hyperboliques pour de longues lunettes, puiſqu'on a trouvé le moyen de corriger en grande partie le mauvais effet produit par la différente réfrangibilité des rayons.

Il ſuit de ce que nous venons de dire, que ſi l'on veut faire une lunette de 30 pieds pour obſerver la Lune & la voir en entier, le verre oculaire doit avoir au moins 3 pouces de diamètre pour recueillir l'image entière que produit l'objectif à ſon foyer, & que ſi on vouloit obſerver cet aſtre avec une lunette de 60 pieds, l'oculaire doit avoir au moins ſix pouces de diamètre, parce que la

corde de l'arc qui meſure l'angle ſous lequel nous paroît la Lune, eſt dans ce cas de trois pouces & de ſix pouces à peu-près; auſſi les Aſtronomes ne font jamais uſage de lunettes qui renferment le diſque entier de la Lune, parce qu'elles groſſiroient trop peu: mais ſi on veut obſerver Vénus avec une lunette de 60 pieds, comme l'angle ſous lequel elle nous paroît n'eſt que d'environ 60 ſecondes, le verre oculaire pourra n'avoir que 4 lignes de diamètre, & ſi on ſe ſert d'un objectif de 120 pieds, un oculaire de 8 lignes de diamètre ſuffiroit pour réunir l'image entière que l'objectif forme à ſon foyer.

De-là on voit que quand même les rayons de lumière ſeroient également réfrangibles, on ne pourroit pas faire d'auſſi fortes lunettes pour voir la Lune en entier que pour voir les autres planètes, & que plus une planète eſt petite à nos yeux, & plus nous pouvons augmenter la longueur de la lunette avec laquelle on peut la voir en entier. Dès-lors on conçoit bien que dans cette même ſuppoſition des rayons également réfrangibles, il doit y avoir une certaine longueur déterminée plus avantageuſe qu'aucune autre pour telle ou telle planète, & que cette longueur de la lunette dépend non-ſeulement de l'angle ſous lequel la planète paroît à notre œil, mais encore de la quantité de lumière dont elle eſt éclairée.

Dans les lunettes ordinaires, les rayons de la lumière étant différemment réfrangibles, tout ce qu'on pourroit faire dans cette vue pour les perfectionner ne ſeroit pas fort avantageux, parce que ſous quelqu'angle que paroiſſe

à notre œil l'objet ou l'astre que nous voulons observer, & quelque intensité de lumière qu'il puisse avoir, les rayons ne se rassembleront jamais dans le même endroit; plus la lunette sera longue, plus il y aura d'intervalle *(h)* entre le foyer des rayons rouges & celui des rayons violets, & par conséquent plus sera confuse l'image de l'objet observé.

On ne peut donc perfectionner les lunettes par réfraction qu'en cherchant, comme on l'a fait, les moyens de corriger cet effet de la différente réfrangibilité, soit en composant la lunette de verres de différente densité, soit par d'autres moyens particuliers, & qui seroient différens selon les différens objets & les différentes circonstances: supposons, par exemple, une courte lunette composée de deux verres, l'un convexe & l'autre concave des deux côtés, il est certain que cette lunette peut se réduire à une autre, dont les deux verres soient plans d'un côté, & travaillés de l'autre côté sur des sphères dont le rayon seroit une fois plus court que celui des sphères sur lesquelles auroient été travaillés les verres de la première lunette. Maintenant, pour éviter une grande partie de l'effet de la différente réfrangibilité des rayons, on peut faire cette seconde lunette d'une seule pièce de verre massif, comme je l'ai fait exécuter avec deux morceaux de verre blanc, l'un de deux pouces & demi de longueur, & l'autre d'un pouce & demi; mais alors la perte de la transparence est un plus grand inconvénient que celui de la différente réfrangibilité qu'on corrige par ce moyen; car ces deux

(h) Cet intervalle est d'un pied sur 27 de foyer.

petites lunettes maſſives de verre, ſont plus obſcures qu'une petite lunette ordinaire du même verre & des mêmes dimenſions, elles donnent à la vérité moins d'iris, mais elles n'en ſont pas meilleures; & ſi on les faiſoit plus longues, toujours en verre maſſif, la lumière après avoir traverſé cette épaiſſeur de verre, n'auroit plus aſſez de force pour peindre l'image de l'objet à notre œil. Ainſi pour faire des lunettes de 10 ou 20 pieds, je ne vois que l'eau qui ait aſſez de tranſparence pour laiſſer paſſer la lumière ſans l'éteindre en entier dans cette grande épaiſſeur: en employant donc de l'eau pour remplir l'intervalle entre l'objectif & l'oculaire, on diminuera en partie l'effet de la différente réfrangibilité *(i)*, parce que celle de l'eau approche plus de celle du verre que celle de l'air, & ſi on pouvoit, en chargeant l'eau de différens ſels, lui donner le même degré de puiſſance réfringente qu'au verre, il n'eſt pas douteux qu'on ne corrigeât davantage par ce moyen l'effet de la différente réfrangibilité des rayons. Il s'agiroit donc d'employer une liqueur tranſparente

(i) M. de la Lande, l'un de nos plus ſavans Aſtronomes, après avoir lû cet article, a bien voulu me communiquer quelques remarques qui m'ont paru très-juſtes & dont j'ai profité. Seulement je ne ſuis pas d'accord avec lui ſur ces lunettes remplies d'eau; il croit *qu'on diminueroit très-peu la différente réfrangibilité, parce que l'eau diſperſe les rayons colorés d'une manière différente du verre, & qu'il y auroit des couleurs qui proviendroient de l'eau & d'autres du verre.* Mais en ſe ſervant du verre le moins denſe, & en augmentant par les ſels la denſité de l'eau, on rapprocheroit de très-près leur puiſſance réfractive.

qui auroit à peu-près la même puissance réfrangible que le verre; car alors il sera sûr que les deux verres avec cette liqueur entre-deux, corrigeront en partie l'effet de la différente réfrangibilité des rayons, de la même façon qu'elle est corrigée dans la petite lunette massive dont je viens de parler.

Suivant les expériences de M. Bouguer, une ligne d'épaisseur de verre détruit $\frac{2}{7}$ de la lumière, & par conséquent la diminution s'en feroit dans la proportion suivante :

Épaisseurs.... 1, 2, 3, 4, 5, 6 lignes;

Diminutions.. $\frac{2}{7}$, $\frac{10}{49}$, $\frac{50}{343}$, $\frac{250}{2401}$, $\frac{1250}{16807}$, $\frac{6250}{117649}$, en sorte que par la somme de ces six termes on trouveroit que la lumière qui passe à travers six lignes de verre, auroit déjà perdu $\frac{102024}{117649}$, c'est-à-dire, environ le $\frac{10}{11}$ de sa quantité. Mais il faut considérer que M. Bouguer s'est servi de verres bien peu transparens, puisqu'il a vu qu'une ligne d'épaisseur de ces verres détruisoit $\frac{2}{7}$ de la lumière. Par les expériences que j'ai faites sur différentes espèces de verre blanc, il m'a paru que la lumière diminuoit beaucoup moins. Voici ces expériences qui sont assez faciles à faire, & que tout le monde est en état de répéter.

Dans une chambre obscure dont les murs étoient noircis, qui me servoit à faire des expériences d'Optique, j'ai fait allumer une bougie de cinq à la livre; la chambre étoit fort vaste & la lumière de la bougie étoit la seule dont elle fût éclairée. J'ai d'abord cherché à quelle distance je pouvois lire un caractère d'impression, tel que

celui de la gazette de Hollande, à la lumière de cette bougie, & j'ai trouvé que je lisois assez facilement ce caractère à 24 pieds 4 pouces de distance de la bougie. Ensuite ayant placé devant la bougie, à deux pouces de distance, un morceau de verre provenant d'une glace de Saint-Gobin, réduite à une ligne d'épaisseur, j'ai trouvé que je lisois encore tout aussi facilement à 22 pieds 9 pouces, & en substituant à cette glace d'une ligne d'épaisseur un autre morceau de 2 lignes d'épaisseur & du même verre, j'ai lû aussi facilement à 21 pieds de distance de la bougie. Deux de ces mêmes glaces de 2 lignes d'épaisseur jointes l'une contre l'autre & mises devant la bougie, en ont diminué la lumière au point que je n'ai pu lire avec la même facilité qu'à 17 pieds $\frac{1}{2}$ de distance de la bougie. Et enfin avec trois glaces de 2 lignes d'épaisseur chacune, je n'ai lû qu'à la distance de 15 pieds. Or la lumière de la bougie diminuant comme le quarré de la distance augmente, sa diminution auroit été dans la progression suivante, s'il n'y avoit point eu de glaces interposées.

$$\overline{24\tfrac{1}{3}}^{2}.\quad \overline{22\tfrac{3}{4}}^{2}.\quad \overline{21}^{2}.\quad \overline{17\tfrac{1}{2}}^{2}.\quad \overline{15}^{2}.\ \text{ou}$$

$$592\tfrac{1}{9}.\ 517\tfrac{9}{16}.\ 441.\ 306\tfrac{1}{4}.\ 225.$$

Donc les pertes de la lumière par l'interposition des glaces sont dans la progression suivante, $84\frac{79}{144}$. 151. $285\frac{7}{9}$. $367\frac{1}{4}$.

D'où l'on doit conclure qu'une ligne d'épaisseur de ce verre, ne diminue la lumière que de $\frac{84}{592}$ ou d'environ $\frac{1}{7}$; que deux lignes d'épaisseur la diminuent de $\frac{151}{592}$, pas

tout-à-fait de $\frac{1}{4}$; & trois glaces de 2 lignes de $\frac{367}{592}$, *c'est*-à-dire, moins de $\frac{2}{3}$.

Comme ce résultat est très-différent de celui de M. Bouguer, & que néanmoins je n'avois garde de douter de la vérité de ses expériences, je répétai les miennes en me servant de verre à vitre commun, je choisis des morceaux d'une épaisseur égale, de $\frac{3}{4}$ de ligne chacun. Ayant lû de même à 24 pieds 4 pouces de distance de la bougie, l'interposition d'un de ces morceaux de verre me fit rapprocher à 21 pieds $\frac{1}{2}$; avec deux morceaux interposés & appliqués l'un sur l'autre, je ne pouvois plus lire qu'à 18 pieds $\frac{1}{4}$, & avec trois morceaux à 16 pieds; ce qui, comme l'on voit, se rapproche de la détermination de M. Bouguer; car la perte de la lumière, en traversant ce verre de $\frac{3}{4}$ de ligne, étant ici de $592\frac{1}{4} - 462\frac{1}{4} = 130$, le résultat $\frac{130}{592\frac{1}{4}}$ ou $\frac{65}{296}$, ne s'éloigne pas beaucoup de $\frac{3}{14}$, à quoi l'on doit réduire les $\frac{2}{7}$ donnés par M. Bouguer pour une ligne d'épaisseur, parce que mes verres n'avoient que $\frac{3}{4}$ de ligne, car $3 : 14 :: 65 : 303\frac{1}{3}$, terme qui ne diffère pas beaucoup de 296.

Mais avec du verre communément appelé *verre de Bohème*, j'ai trouvé par les mêmes essais, que la lumière ne perdoit qu'un huitième en traversant une épaisseur d'une ligne, & qu'elle diminuoit dans la progression suivante.

Épaisseurs....	1,	2,	3,	4,	5,	6,	...... n.
Diminutions..	$\frac{1}{8}$.	$\frac{7}{64}$.	$\frac{49}{512}$.	$\frac{343}{4096}$.	$\frac{2401}{32768}$.	$\frac{16807}{262164}$.	
ou	$\frac{7^{0}}{8^{1}}$	$\frac{7^{1}}{8^{2}}$	$\frac{7^{2}}{8^{3}}$	$\frac{7^{3}}{8^{4}}$	$\frac{7^{4}}{8^{5}}$	$\frac{7^{5}}{8^{6}}$	.... $\frac{7^{n-1}}{8^{n}}$.

Prenant la somme de ces termes, on aura le total de la diminution de la lumière à travers une épaisseur de verre d'un nombre donné de lignes; par exemple, la somme des six premiers termes est $\frac{144495}{262164}$. Donc la lumière ne diminue que d'un peu plus de moitié en traversant une épaisseur de six lignes de verre de Bohème, & elle en perdroit encore moins, si au lieu de trois morceaux de deux lignes appliqués l'un sur l'autre, elle n'avoit à traverser qu'un seul morceau de six lignes d'épaisseur.

Avec le verre que j'ai fait fondre en masse épaisse, j'ai vu que la lumière ne perdoit pas plus à travers 4 pouces $\frac{1}{2}$ d'épaisseur de ce verre, qu'à travers une glace de Saint-Gobin de 2 lignes $\frac{1}{2}$ d'épaisseur; il me semble donc qu'on pourroit en conclure que la transparence de ce verre étant à celle de cette glace, comme 4 pouces $\frac{1}{2}$ sont à 2 lignes $\frac{1}{2}$, ou 54 à 2 $\frac{1}{2}$, c'est-à-dire, plus de vingt-une fois plus grande, on pourroit faire de très-bonnes petites lunettes massives de 5 ou 6 pouces de longueur avec ce verre.

Mais pour des lunettes longues, on ne peut employer que de l'eau, & encore est-il à craindre que le même inconvénient ne subsiste, car quelle sera l'opacité qui résultera de cette quantité de liqueur que je suppose remplir l'intervalle entre les deux verres! Plus les lunettes seront longues & plus on perdra de lumière; en sorte qu'il paroît au premier coup d'œil qu'on ne peut pas se servir de ce moyen, sur-tout pour les lunettes un peu longues, car en suivant ce que dit M. Bouguer dans son Essai d'Optique, sur la gradation de la lumière, 9 pieds 7 pouces d'eau

de

de mer, font diminuer la lumière dans le rapport de 14 à 5; ou, ce qui revient à peu-près au même, supposons que dix pieds d'épaisseur d'eau diminuent la lumière dans le rapport de 3 à 1; alors vingt pieds d'épaisseur d'eau la diminueront dans le rapport de 9 à 1; trente pieds la diminueront dans celui de 27 à 1, &c. Il paroît donc qu'on ne pourroit se servir de ces longues lunettes pleines d'eau que pour observer le Soleil, & que les autres astres n'auroient pas assez de lumière pour qu'il fût possible de les apercevoir à travers une épaisseur de 20 à 30 pieds de liqueur intermédiaire.

Cependant si l'on fait attention qu'en ne donnant qu'un pouce ou un pouce & demi d'ouverture à un objectif de 30 pieds, on ne laisse pas d'apercevoir très-nettement les planètes dans les lunettes ordinaires de cette longueur, on doit penser qu'en donnant un plus grand diamètre à l'objectif, on augmenteroit la quantité de lumière dans la raison du quarré de ce diamètre, & par conséquent si un pouce d'ouverture suffit pour voir distinctement un astre dans une lunette ordinaire, $\sqrt{3}$ pouces d'ouverture, c'est-à-dire 21 lignes environ de diamètre suffiront pour qu'on le voie aussi distinctement à travers une épaisseur de dix pieds d'eau; & qu'avec un verre de 3 pouces de diamètre, on le verroit également à travers une épaisseur de 20 pieds d'eau; qu'avec un verre de $\sqrt{27}$ ou 5 pouces $\frac{1}{4}$ de diamètre, on le verroit à travers une épaisseur de 30 pieds, & qu'il ne faudroit qu'un verre de 9 pouces de diamètre pour une lunette remplie de 40

pieds d'eau, & un verre de 27 pouces pour une lunette de 60 pieds.

Il ſemble donc qu'on pourroit, avec eſpérance de réuſſir, faire conſtruire une lunette ſur ces principes, car en augmentant le diamètre de l'objectif, on regagne en partie la lumière que l'on perd par le défaut de tranſparence de la liqueur.

On ne doit pas craindre que les objectifs, quelque grands qu'ils ſoient, faſſent une trop grande partie de la ſphère ſur laquelle ils ſeront travaillés, & que par cette raiſon les rayons de la lumière ne puiſſent ſe réunir exactement; car en ſuppoſant même ces objectifs ſept ou huit fois plus grands que je ne les ai déterminés, ils ne feroient pas encore à beaucoup près une aſſez grande partie de leur ſphère pour ne pas réunir les rayons avec exactitude.

Mais ce qui ne me paroît pas douteux, c'eſt qu'une lunette conſtruite de cette façon, ſeroit très-utile pour obſerver le Soleil; car en la ſuppoſant même longue de cent pieds, la lumière de cet aſtre ne ſeroit encore que trop forte après avoir traverſé cette épaiſſeur d'eau, & on obſerveroit à loiſir & aiſément la ſurface de cet aſtre immédiatement, ſans qu'il fût néceſſaire de ſe ſervir de verres enfumés ou d'en recevoir l'image ſur un carton, avantage qu'aucune autre eſpèce de lunette ne peut avoir.

Il y auroit ſeulement quelque petite différence dans la conſtruction de cette lunette ſolaire, ſi l'on veut qu'elle nous préſente la face entière du Soleil, car en la ſuppoſant longue de cent pieds, il faudra dans ce cas que le verre

oculaire ait au moins dix pouces de diamètre, parce que le Soleil occupant plus d'un demi-degré céleste, l'image formée par l'objectif à son foyer à 100 pieds, aura au moins cette longueur de dix pouces, & que pour la réunir toute entière, il faudra un oculaire de cette largeur auquel on ne donneroit que vingt pouces de foyer pour le rendre aussi fort qu'il se pourroit. Il faudroit aussi que l'objectif, ainsi que l'oculaire, eût dix pouces de diamètre, afin que l'image de l'astre & l'image de l'ouverture de la lunette se trouvassent d'égale grandeur au foyer.

Quand même cette lunette que je propose ne serviroit qu'à observer exactement le Soleil, ce seroit déjà beaucoup; il seroit, par exemple, fort curieux de pouvoir reconnoître s'il y a dans cet astre des parties plus ou moins lumineuses que d'autres, s'il y a sur sa surface des inégalités, & de quelle espèce elles seroient, si les taches flottent sur sa surface *(k)*, ou si elles y sont toutes constamment attachées, &c. La vivacité de sa lumière nous empêche

---

(k) M. de la Lande m'a fait sur ceci la remarque qui suit: « Il est » constant, dit-il, qu'il n'y a sur » le Soleil que des taches qui » changent de forme & disparoissent entièrement, mais qui ne » changent point de place, si ce » n'est par la rotation du Soleil; » sa surface est très-unie & homogène. » Ce savant Astronome pouvoit même ajouter que ce n'est que par le moyen de ces taches, toujours supposées fixes, qu'on a déterminé le temps de la révolution du Soleil sur son axe: mais ce point d'Astronomie physique ne me paroît pas encore absolument démontré; car ces taches qui toutes changent de figure, pourroient bien aussi quelquefois changer de lieu.

de l'obſerver à l'œil ſimple, & la différente réfrangibilité de ſes rayons rend ſon image confuſe lorſqu'on la reçoit au foyer d'un objectif ſur un carton, auſſi la ſurface du Soleil nous eſt-elle moins connue que celle des autres planètes. Cette différente réfrangibilité des rayons ne ſeroit pas à beaucoup près entièrement corrigée dans cette longue lunette remplie d'eau: mais ſi cette liqueur pouvoit, par l'addition des ſels, être rendue auſſi denſe que le verre, ce ſeroit alors la même choſe que s'il n'y avoit qu'un ſeul verre à traverſer, & il me ſemble qu'il y auroit plus d'avantage à ſe ſervir de ces lunettes remplies d'eau, que de lunettes ordinaires avec des verres enfumés.

Quoi qu'il en ſoit, il eſt certain qu'il faut pour obſerver le Soleil une lunette bien différente de celles dont on doit ſe ſervir pour les autres aſtres, & il eſt encore très-certain qu'il faut pour chaque planète une lunette particulière, & proportionnée à leur intenſité de lumière, c'eſt-à-dire, à la quantité réelle de lumière dont elles nous paroiſſent éclairées. Dans toutes les lunettes il faudroit donc l'objectif auſſi grand, & l'oculaire auſſi fort qu'il eſt poſſible, & en même temps proportionner la diſtance du foyer à l'intenſité de la lumière de chaque planète. Par exemple, Vénus & Saturne ſont deux planètes dont la lumière eſt fort différente; lorſqu'on les obſerve avec la même lunette on augmente également l'angle ſous lequel on les voit, dès-lors la lumière totale de la planète paroît s'étendre ſur toute ſa ſurface d'autant plus qu'on la groſſit davantage, ainſi à meſure qu'on

agrandit son image on la rend sombre, à peu-près dans la proportion du quarré de son diamètre ; Saturne ne peut donc sans devenir obscur être observé avec une lunette aussi forte que Vénus. Si l'intensité de lumière de celle-ci permet de la grossir cent ou deux cents fois avant de devenir sombre, l'autre ne souffrira peut-être pas la moitié ou le tiers de cette augmentation sans devenir tout-à-fait obscure. Il s'agit donc de faire une lunette pour chaque planète proportionnée à leur intensité de lumière, & pour le faire avec plus d'avantage il me semble qu'il n'y faut employer qu'un objectif d'autant plus grand, & d'un foyer d'autant moins long que la planète a moins de lumière. Pourquoi jusqu'à ce jour n'a-t-on pas fait des objectifs de deux & trois pieds de diamètre ? l'aberration des rayons causée par la sphéricité des verres en est la seule cause, elle produit une confusion qui est comme le quarré du diamètre de l'ouverture *(l)*, & c'est par cette raison que les verres sphériques qui sont très-bons avec une petite ouverture ne valent plus rien quand on l'augmente ; on a plus de lumière, mais moins de distinction & de netteté. Néanmoins les verres sphériques larges sont très-bons pour faire des lunettes de nuit ; les Anglois ont construit des lunettes de cette espèce, & ils s'en servent avec grand avantage pour voir de fort loin les vaisseaux dans une nuit obscure. Mais maintenant que l'on sait corriger en grande partie les effets de la différente

---

(l) Smith's Optick. *Boock. 2, cap. VII, art. 346.*

réfrangibilité des rayons, il me ſemble qu'il faudroit s'attacher à faire des verres elliptiques ou hyperboliques qui ne produiroient pas cette aberration cauſée par la ſphéricité, & qui par conſéquent pourroient être trois ou quatre fois plus larges que les verres ſphériques. Il n'y a que ce moyen d'augmenter à nos yeux la quantité de lumière que nous envoient les planètes, car nous ne pouvons pas porter ſur les planètes une lumière additionnelle comme nous le faiſons ſur les objets que nous obſervons au microſcope, mais il faut au moins employer le plus avantageuſement qu'il eſt poſſible, la quantité de lumière dont elles ſont éclairées, en la recevant ſur une ſurface auſſi grande qu'il ſe pourra. Cette lunette hyperbolique qui ne ſeroit compoſée que d'un ſeul grand verre objectif, & d'un oculaire proportionné, exigeroit une matière de la plus grande tranſparence. On réuniroit par ce moyen tous les avantages poſſibles, c'eſt-à-dire, ceux des lunettes achromatiques à celui des lunettes elliptiques ou hyperboliques, & l'on mettroit à profit toute la quantité de lumière que chaque planète réfléchit à nos yeux. Je puis me tromper, mais ce que je propoſe me paroît aſſez fondé pour en recommander l'exécution aux perſonnes zélées pour l'avancement des Sciences.

Me laiſſant aller à ces eſpèces de rêveries, dont quelques-unes néanmoins ſe réaliſeront un jour, & que je ne publie que dans cette eſpérance, j'ai ſongé au miroir du port d'Alexandrie, dont quelques Auteurs anciens ont parlé, & par le moyen duquel on voyoit de très-loin les

vaiſſeaux en pleine mer. Le paſſage le plus poſitif qui me ſoit tombé ſous les yeux eſt celui que je vais rapporter: *Alexandria .... in Pharo verò erat ſpeculum e ferro* ſinico. *Per quòd a longè videbantur naves Græcorum advenientes; ſed paulò poſtquam Iſlamiſmus invaluit, ſcilicet tempore Califatûs Walid-fil: Abdi-l-melec, Chriſtiani, fraude adhibitâ illud deleverunt.* Abu-l-feda, &c. Deſcriptio Ægypti.

J'ai penſé 1.° que ce miroir par lequel on voyoit de loin les vaiſſeaux arriver, n'étoit pas impoſſible; 2.° que même ſans miroir ni lunette, on pourroit par de certaines diſpoſitions obtenir le même effet, & voir depuis le port les vaiſſeaux peut-être d'auſſi loin que la courbure de la Terre le permet. Nous avons dit que les perſonnes qui ont bonne vue, aperçoivent les objets éclairés par le Soleil à plus de trois mille quatre cents fois leur diamètre, & en même temps nous avons remarqué que la lumière intermédiaire nuiſoit ſi fort à celle des objets éloignés, qu'on apercevoit la nuit un objet lumineux de dix, vingt & peut-être cent fois plus de diſtance qu'on ne le voit pendant le jour. Nous ſavons que du fond d'un puits très-profond l'on voit les étoiles en plein jour *(m)*, pourquoi donc ne verroit-on pas de même les vaiſſeaux éclairés des rayons du Soleil, en ſe mettant au fond d'une longue galerie fort obſcure, & ſituée ſur le bord de la mer, de manière qu'elle ne recevroit aucune lumière que celle de la mer

(m) Ariſtote eſt je crois le premier qui ait fait mention de cette obſervation, & j'en ai cité le paſſage à l'article *du Sens de la Vue, tome III de cette Hiſtoire Naturelle.*

lointaine & des vaisseaux qui pourroient s'y trouver; cette galerie n'est qu'un puits horizontal qui feroit le même effet pour la vue des vaisseaux, que le puits vertical pour la vue des étoiles, & cela me paroît si simple, que je suis étonné qu'on n'y ait pas songé. Il me semble qu'en prenant, pour faire l'observation, les heures du jour où le Soleil seroit derrière la galerie, c'est-à-dire le temps où les vaisseaux seroient bien éclairés, on les verroit du fond de cette galerie obscure, dix fois au moins mieux qu'on ne peut les voir en pleine lumière. Or, comme nous l'avons dit, on distingue aisément un homme ou un cheval à une lieue de distance lorsqu'ils sont éclairés des rayons du Soleil; & en supprimant la lumière intermédiaire qui nous environne & offusque nos yeux, nous les verrions au moins dix fois plus loin, c'est-à-dire, à dix lieues: donc on verroit les vaisseaux qui sont beaucoup plus gros, d'aussi loin que la courbure de la Terre le permettroit *(n)*, sans autre instrument que nos yeux.

Mais un miroir concave d'un assez grand diamètre, & d'un

(n) La courbure de la Terre pour un degré ou 25 lieues de 2283 toises, est de 2988 pieds; elle croît comme le quarré des distances, ainsi pour 5 lieues elle est vingt-cinq fois moindre, c'est-à-dire, d'environ 120 pieds. Un vaisseau qui a plus de 120 pieds de mâture, peut donc être vu de cinq lieues étant même au niveau de la mer; mais si l'on s'élevoit de 120 pieds au-dessus du niveau de la mer, on verroit de cinq lieues le corps entier du vaisseau jusqu'à la ligne de l'eau, & en s'élevant encore davantage, on pourroit apercevoir le haut des mâts de plus de dix lieues.

d'un foyer quelconque, placé au fond d'un long tuyau noirci, feroit, pendant le jour, à peu-près le même effet que nos grands objectifs de même diamètre & de même foyer feroient pendant la nuit, & c'étoit probablement un de ces miroirs concaves d'acier poli *(e ferro finico)* qu'on avoit établi au port d'Alexandrie *(o)*, pour voir de loin arriver les vaisseaux Grecs. Au reste, si ce miroir d'acier ou de fer poli a réellement existé, comme il y a toute apparence, on ne peut refuser aux Anciens la gloire de la première invention des télescopes, car ce miroir de métal poli ne pouvoit avoir d'effet qu'autant que la lumière réfléchie par sa surface, étoit recueillie par un autre miroir concave placé à son foyer, & c'est en cela que consiste l'essence du télescope & la facilité de sa construction. Néanmoins cela n'ôte rien à la gloire du grand Newton, qui, le premier, a ressuscité cette invention entièrement oubliée. Il paroît même que ce sont ses belles découvertes sur la différente réfrangibilité des rayons de la lumière qui l'ont conduit à celle du télescope. Comme les rayons de la lumière sont par leur nature différemment réfrangibles, il étoit fondé à croire qu'il n'y avoit nul moyen de corriger cet effet; ou s'il a entrevu ces moyens, il les a jugés si difficiles, qu'il a mieux aimé tourner ses vues d'un autre côté, & produire par le moyen de la

(o) De temps immémorial les Chinois & sur-tout les Japonois, savent travailler & polir l'acier en grand & en petit volume, & c'est ce qui m'a fait penser qu'on doit interpréter *e ferro finico* par acier poli.

réflexion des rayons, les grands effets qu'il ne pouvoit obtenir par leur réfraction. Il a donc fait construire son télescope, dont l'effet est réellement bien supérieur à celui des lunettes ordinaires, mais les lunettes achromatiques inventées de nos jours sont aussi supérieures au télescope qu'il l'est aux lunettes ordinaires. Le meilleur télescope est toujours sombre en comparaison de la lunette achromatique, & cette obscurité dans les télescopes ne vient pas seulement du défaut de poli ou de la couleur du métal des miroirs, mais de la nature même de la lumière, dont les rayons différemment réfrangibles, sont aussi différemment réflexibles, quoiqu'en degrés beaucoup moins inégaux. Il reste donc pour perfectionner les télescopes, autant qu'ils peuvent l'être, à trouver le moyen de compenser cette différente réflexibilité, comme l'on a trouvé celui de compenser la différente réfrangibilité.

Après tout ce qui vient d'être dit, je crois qu'on sentira bien que l'on peut faire une très-bonne lunette de jour, sans employer ni verres ni miroirs, & simplement en supprimant la lumière environnante, au moyen d'un tuyau de 150 ou 200 pieds de long, & en se plaçant dans un lieu obscur où aboutiroit l'une des extrémités de ce tuyau; plus la lumière du jour seroit vive, plus seroit grand l'effet de cette lunette si simple & si facile à exécuter. Je suis persuadé qu'on verroit distinctement à quinze & peut-être vingt lieues les bâtimens & les arbres sur le haut des montagnes. La seule différence qu'il y ait entre ce long tuyau & la galerie obscure que j'ai proposée, c'est

que le *champ*, c'eſt-à-dire, l'eſpace vu ſeroit bien plus petit, & préciſément dans la raiſon du quarré de l'ouverture du tuyau à celle de la galerie.

ARTICLE TROISIÈME.

INVENTION d'autres Miroirs pour brûler à de moindres diſtances.

I.

MIROIRS d'une ſeule pièce à foyer mobile.

J'AI remarqué que le verre fait reſſort, & qu'il peut plier juſqu'à un certain point; & comme pour brûler à des diſtances un peu grandes, il ne faut qu'une légère courbure, & que toute courbure régulière y eſt à peu-près également convenable; j'ai imaginé de prendre des glaces de miroir ordinaire d'un pied & demi, de deux pieds & trois pieds de diamètre, de les faire arrondir, & de les ſoutenir ſur un cercle de fer bien égal & bien tourné, après avoir fait dans le centre de la glace un trou de deux ou trois lignes de diamètre pour y paſſer une vis *(p)*, dont les pas ſont très-fins, & qui entre dans un petit écrou poſé de l'autre côté de la glace. En ſerrant cette vis, j'ai courbé aſſez les glaces de trois pieds, pour brûler depuis 50 pieds juſqu'à 30, & les glaces de 18 pouces ont brûlé à 25 pieds; mais ayant répété pluſieurs fois ces expériences, j'ai caſſé les glaces de trois pieds &

(p) Voyez les *planches X, XI & XII.*

de deux pieds, & il ne m'en reste qu'une de 18 pouces que j'ai gardée pour modèle de ce miroir *(q)*.

Ce qui fait casser ces glaces si aisément, c'est le trou qui est au milieu; elles se courberoient beaucoup plus sans rompre, s'il n'y avoit point de solution de continuité, & qu'on pût les presser également sur toute la surface: cela m'a conduit à imaginer de les faire courber par le poids même de l'atmosphère; & pour cela il ne faut que mettre une glace circulaire sur une espèce de tambour de fer ou de cuivre, & ajouter à ce tambour une pompe pour en tirer de l'air; on fera de cette manière courber la glace plus ou moins, & par conséquent elle brûlera à de plus & moins grandes distances.

Il y auroit encore un autre moyen; ce seroit d'ôter l'étamage dans le centre de la glace, de la largeur de 9 ou 10 lignes, façonner avec une molette cette partie du centre en portion de sphère, comme un verre convexe, d'un pouce de foyer, mettre dans le tambour une petite mèche soufrée; il arriveroit que quand on présenteroit ce miroir au Soleil, les rayons transmis à travers cette partie du centre de la glace & réunis au foyer d'un pouce, allumeroient la mèche soufrée dans le tambour; cette mèche

(q) Ces glaces de 3 pieds ont mis le feu à des matières légères jusqu'à 50 pieds de distance, & alors elles n'avoient plié que d'une ligne $\frac{5}{8}$; pour brûler à 40 pieds, il falloit les faire plier de 2 lignes; pour brûler à 30 pieds, de deux lignes $\frac{3}{4}$, & c'est en voulant les faire brûler à 20 pieds qu'elles se sont cassées.

en brûlant abſorberoit de l'air, & par conſéquent le poids de l'atmoſphère feroit plier la glace plus ou moins, ſelon que la mèche ſoufrée brûleroit plus ou moins de temps. Ce miroir ſeroit fort ſingulier, parce qu'il ſe courberoit de lui-même à l'aſpect du Soleil ſans qu'il fût néceſſaire d'y toucher; mais l'uſage n'en ſeroit pas facile, & c'eſt pour cette raiſon que je ne l'ai pas fait exécuter, la ſeconde manière étant préférable à tous égards.

Ces miroirs d'une ſeule pièce à foyer mobile peuvent ſervir à meſurer plus exactement, que par aucun autre moyen, la différence des effets de la chaleur du Soleil reçue dans des foyers plus ou moins grands. Nous avons vu que les grands foyers font toujours proportionnellement beaucoup plus d'effet que les petits, quoique l'intenſité de chaleur ſoit égale dans les uns & les autres; on auroit ici, en contractant ſucceſſivement les foyers, toujours une égale quantité de lumière ou de chaleur, mais dans des eſpaces ſucceſſivement plus petits; & au moyen de cette quantité conſtante, on pourroit déterminer par l'expérience le *minimum* de l'eſpace du foyer, c'eſt-à-dire, l'étendue néceſſaire, pour qu'avec la même quantité de lumière on eût le plus grand effet, cela nous conduiroit en même temps à une eſtimation plus préciſe de la déperdition de la chaleur dans les différentes ſubſtances, ſous un même volume ou dans une égale étendue.

A cet uſage près, il m'a paru que ces miroirs d'une ſeule pièce à foyer mobile étoient plus curieux qu'utiles; celui qui agit ſeul & ſe courbe à l'aſpect du Soleil, eſt

aſſez ingénieuſement conçu pour avoir place dans un cabinet de Phyſique.

II.

MIROIRS d'une ſeule pièce pour brûler très-vivement à des diſtances médiocres & à de petites diſtances.

J'AI cherché les moyens de courber régulièrement de grandes glaces, & après avoir fait conſtruire deux fourneaux différens qui n'ont pas réuſſi, je ſuis parvenu à en faire un troiſième *(r)*, dans lequel j'ai courbé très-régulièrement des glaces circulaires de trois, quatre & quatre pieds & demi de diamètre, j'en ai même fait courber deux de 56 pouces, mais quelque précaution qu'on ait priſe pour laiſſer refroidir lentement ces grandes glaces de 56 & 54 pouces de diamètre, & pour les manier doucement, elles ſe ſont caſſées en les appliquant ſur les moules ſphériques que j'avois fait conſtruire pour leur donner la forme régulière & le poli néceſſaire; la même choſe eſt arrivée à trois autres glaces de 48 & 50 pouces de diamètre, & je n'en ai conſervé qu'une ſeule de 46 pouces & deux de 37 pouces. Les gens qui connoiſſent les Arts n'en ſeront pas ſurpris, ils ſavent que les grandes pièces de verre, exigent des précautions infinies pour ne pas ſe fêler au ſortir du fourneau où on les laiſſe recuire & refroidir, ils ſavent que plus elles ſont minces, & plus elles ſont ſujettes à ſe fendre, non-ſeulement par le premier

---

(r) Voyez les *planches I, II, III, IV, V & VI.*

coup de l'air, mais encore par ses impressions ultérieures. J'ai vu plusieurs de mes glaces courbées se fendre toutes seules au bout de trois, quatre & cinq mois, quoiqu'elles eussent résisté aux premières impressions de l'air, & qu'on les eût placées sur des moules de plâtre bien séché, sur lesquels la surface concave de ces glaces portoit également par-tout; mais ce qui m'en a fait perdre un grand nombre, c'est le travail qu'il falloit faire pour leur donner une forme régulière. Ces glaces que j'ai achetées toutes polies à la manufacture du faubourg Saint-Antoine, quoique choisies parmi les plus épaisses, n'avoient que cinq lignes d'épaisseur; en les courbant, le feu leur faisoit perdre en partie leur poli. Leur épaisseur d'ailleurs n'étoit pas bien égale par-tout, & néanmoins il étoit nécessaire pour l'objet auquel je les destinois, de rendre les deux surfaces concave & convexe parfaitement concentriques, & par conséquent de les travailler avec des molettes convexes dans des moules creux, & des molettes concaves sur des moules convexes. De vingt-quatre glaces que j'avois courbées, & dont j'en avois livré quinze à feu M. Passemant, pour les faire travailler par ses ouvriers, je n'en ai conservé que trois; toutes les autres, dont les moindres avoient au moins trois pieds de diamètre, se sont cassées, soit avant d'être travaillées, soit après. De ces trois glaces que j'ai sauvées, l'une a 46 pouces de diamètre, & les deux autres 37 pouces, elles étoient bien travaillées, leurs surfaces bien concentriques, & par conséquent l'épaisseur bien égale, il ne s'agissoit plus que de les étamer sur leur

ſurface convexe, & je fis pour cela pluſieurs eſſais & un aſſez grand nombre d'expériences qui ne me réuſſirent point. M. de Bernières, beaucoup plus habile que moi dans cet art de l'étamage, vint à mon ſecours, & me rendit en effet deux de mes glaces étamées; j'eus l'honneur d'en préſenter au Roi la plus grande, c'eſt-à-dire, celle de 46 pouces, & de faire devant Sa Majeſté les expériences de la force de ce miroir ardent qui fond aiſément tous les métaux; on l'a dépoſé au château de la Muette, dans un cabinet qui eſt ſous la direction du Père Noël; c'eſt certainement le plus fort miroir ardent qu'il y ait en Europe *(ſ)*. J'ai dépoſé au Jardin du Roi, dans le Cabinet d'Hiſtoire Naturelle, la glace de 37 pouces de diamètre, dont le foyer eſt beaucoup plus court que celui du miroir de 46 pouces. Je n'ai pas encore eu le temps d'eſſayer la force de ce ſecond miroir que je crois auſſi très-bon. Je fis dans le temps quelques expériences au château de la Muette, ſur la lumière de la Lune, reçue par le miroir de 46 pouces, & réfléchie ſur un thermomètre très-ſenſible, je crus d'abord m'apercevoir de quelque mouvement, mais cet effet ne ſe ſoutint pas, & depuis je n'ai pas eu occaſion de répéter l'expérience. Je ne ſai même ſi l'on obtiendroit un degré de chaleur ſenſible en réuniſſant les foyers de pluſieurs miroirs, &

(ſ) On m'a dit que l'étamage de ce miroir, qui a été fait il y a plus de vingt ans, s'étoit gâté, il faudroit le remettre entre les mains de M. de Bernières, qui ſeul a le ſecret de cet étamage, pour le bien réparer.

les

les faisant tomber ensemble sur un thermomètre aplati & noirci; car il se peut que la Lune nous envoie du froid plutôt que du chaud; comme nous l'expliquerons ailleurs. Du reste ces miroirs sont supérieurs à tous les miroirs de réflexion dont on avoit connoissance: ils servent aussi à voir en grand les petits tableaux, & à en distinguer toutes les beautés & tous les défauts; & si on en fait étamer de pareils dans leur concavité, ce qui seroit bien plus aisé que sur la convexité, ils serviroient à voir les plafonds & autres peintures qui sont trop grandes & trop perpendiculaires sur la tête, pour pouvoir être regardées aisément.

Mais ces miroirs ont l'inconvénient commun à tous les miroirs de ce genre, qui est de brûler en haut, ce qui fait qu'on ne peut travailler de suite à leur foyer, & qu'ils deviennent presque inutiles pour toutes les expériences qui demandent une longue action du feu, & des opérations suivies. Néanmoins en recevant d'abord les rayons du Soleil sur une glace plane de quatre pieds & demi de hauteur & d'autant de largeur qui les réfléchit contre ces miroirs concaves, ils sont assez puissans pour que cette perte, qui est de la moitié de la chaleur, ne les empêche pas de brûler très-vivement à leur foyer, qui par ce moyen se trouve en bas comme celui des miroirs de réfraction, & auquel par conséquent on pourroit travailler de suite & avec une égale facilité. Seulement il seroit nécessaire que la glace plane & le miroir concave, fussent tous deux montés parallèlement sur un même support, où ils pourroient recevoir également les mêmes

mouvemens de direction & d'inclinaison, soit horizontalement, soit verticalement. L'effet que le miroir de 46 pouces de diamètre feroit en bas, n'étant que de moitié de celui qu'il produit en haut, c'est comme si la surface de ce miroir étoit réduite de moitié, c'est-à-dire, comme s'il n'avoit qu'un peu plus de 32 pouces de diamètre au lieu de 46, & cette dimension de 32 pouces de diamètre pour un foyer de 6 pieds, ne laisse pas de donner une chaleur plus grande que celle des lentilles de Tschirnaüs ou du sieur Segard, dont je me suis autrefois servi, & qui sont les meilleures que l'on connoisse.

Enfin par la réunion de ces deux miroirs, on auroit aux rayons du Soleil une chaleur immense à leur foyer commun, sur-tout en le recevant en haut, qui ne seroit diminuée que de moitié en le recevant en bas, & qui par conséquent seroit beaucoup plus grande qu'aucune autre chaleur connue, & pourroit produire des effets dont nous n'avons aucune idée.

III.

LENTILLES ou MIROIRS À L'EAU.

AU moyen des glaces courbées & travaillées régulièrement dans leur concavité & sur leur convexité, on peut faire un miroir réfringent, en joignant par opposition deux de ces glaces, & en remplissant d'eau tout l'espace qu'elles contiennent.

Dans cette vue, j'ai fait courber deux glaces de 37

pouces de diamètre, & les ai fait user de 8 ou 9 lignes sur les bords pour les bien joindre. Par ce moyen l'on n'aura pas besoin de mastic pour empêcher l'eau de fuir.

Au zénith du miroir il faut pratiquer un petit goulot *(t)*, par lequel on en remplira la capacité avec un entonnoir; & comme les vapeurs de l'eau échauffée par le Sôleil, pourroient faire casser les glaces, on laissera ce goulot ouvert pour laisser échapper les vapeurs; & afin de tenir le miroir toujours absolument plein d'eau, on ajustera dans ce goulot une petite bouteille pleine d'eau, & cette bouteille finira elle-même en haut par un goulot étroit, afin que dans les différentes inclinaisons du miroir, l'eau qu'elle contiendra ne puisse pas se répandre en trop grande quantité.

Cette lentille composée de deux glaces de 37 pouces, chacune de deux pieds & demi de foyer, brûleroit à cinq pieds, si elle étoit de verre; mais l'eau ayant une moindre réfraction que le verre, le foyer sera plus éloigné; il ne laissera pas néanmoins de brûler vivement: j'ai supputé qu'à la distance de 5 pieds $\frac{1}{2}$, cette lentille à l'eau produiroit au moins deux fois autant de chaleur que la lentille du Palais-royal, qui est de verre solide, & dont le foyer est à douze pieds.

J'avois conservé une assez forte épaisseur aux glaces, afin que le poids de l'eau qu'elles devoient renfermer ne

---

(t) Voyez la *planche XII.*

pût en altérer la courbure : on pourroit essayer de rendre l'eau plus réfringente, en y faisant fondre des sels ; comme l'eau peut successivement fondre plusieurs sels, & s'en charger en plus grande quantité qu'elle ne se chargeroit d'un seul sel, il faudroit en fondre de plusieurs espèces, & on rendroit par ce moyen la réfraction de l'eau plus approchante de celle du verre.

Tel étoit mon projet ; mais après avoir travaillé & ajusté ces glaces de 37 pouces, celle du dessous s'est cassée dès la première expérience, & comme il ne m'en restoit qu'une, j'en ai fait le miroir concave de 37 pouces dont j'ai parlé dans l'article précédent.

Ces loupes composées de deux glaces sphériquement courbées & remplies d'eau, brûleront en bas, & produiront de plus grands effets que les loupes de verre massif, parce que l'eau laisse passer plus aisément la lumière que le verre le plus transparent ; mais l'exécution ne laisse pas d'en être difficile, & demande des attentions infinies. L'expérience m'a fait connoître qu'il falloit des glaces épaisses de neuf ou huit lignes au moins, c'est-à-dire, des glaces faites exprès, car on n'en coule point aux manufactures d'aussi épaisses à beaucoup près, toutes celles qui sont dans le commerce n'ont qu'environ moitié de cette épaisseur ; il faut ensuite courber ces glaces dans un fourneau pareil à celui dont j'ai donné la figure, *pl. 1 & suivantes ;* avoir attention de bien sécher le fourneau, de ne pas presser le feu & d'employer au moins trente heures

à l'opération. La glace se ramollira & pliera par son poids *sans* se dissoudre, & s'affaissera sur le moule concave qui lui donnera sa forme : on la laissera récuire & refroidir par degrés dans ce fourneau qu'on aura soin de boucher au moment qu'on aura vu la glace bien affaissée par-tout également. Deux jours après, lorsque le fourneau aura perdu toute sa chaleur, on en tirera la glace qui ne sera que légèrement dépolie, on examinera avec un grand compas courbe, si son épaisseur est à peu-près égale par-tout, & si cela n'étoit pas, & qu'il y eût dans de certaines parties de la glace une inégalité sensible, on commencera par l'atténuer avec une molette de même sphère que la courbure de la glace. On continuera de travailler de même les deux surfaces concave & convexe, qu'il faut rendre parfaitement concentriques, en sorte que la glace ait par-tout exactement la même épaisseur. Et pour parvenir à cette précision, qui est absolument nécessaire, il faudra faire courber de plus petites glaces de deux ou trois pieds de diamètre, en observant de faire ces petits moules sur un rayon de quatre ou cinq lignes plus long que ceux du foyer de la grande glace; par ce moyen on aura des glaces courbes dont on se servira au lieu de molettes pour travailler les deux surfaces concave & convexe, ce qui avancera beaucoup le travail; car ces petites glaces en frottant contre la grande l'useront, & s'useront également; & comme leur courbure est plus forte de 4 lignes, c'est-à-dire, de moitié de l'épaisseur de la grande glace, le travail

de ces petites glaces, tant au dedans qu'au dehors, rendra concentriques les deux surfaces de la grande glace aussi précisément qu'il est possible. C'est-là le point le plus difficile, & j'ai souvent vu que pour l'obtenir on étoit obligé d'user la glace de plus d'une ligne & demie sur chaque surface, ce qui la rendoit trop mince, & dès-lors inutile, du moins pour notre objet. Ma glace de 37 pouces que le poids de l'eau joint à la chaleur du Soleil a fait casser, avoit néanmoins, toute travaillée, plus de 3 lignes & demie d'épaisseur, & c'est pour cela que je recommande de les tenir encore plus épaisses.

J'ai observé que ces glaces courbées sont plus cassantes que les glaces ordinaires; la seconde fusion ou demi-fusion que le verre éprouve pour se courber, est peut-être la cause de cet effet, d'autant que pour prendre la forme sphérique, il est nécessaire qu'il s'étende inégalement dans chacune de ses parties, & que leur adhérence entr'elles change dans des proportions inégales, & même différentes pour chaque point de la courbe, relativement au plan horizontal de la glace qui s'abaisse successivement pour prendre la courbure sphérique.

En général le verre a du ressort & peut plier sans se casser, d'environ un pouce par pied, sur-tout quand il est mince; je l'ai même éprouvé sur des glaces de deux & trois lignes d'épaisseur & de cinq pieds de hauteur; on peut les faire plier de plus de 4 pouces sans les rompre, sur-tout en ne les comprimant qu'en un sens; mais si

on les courbe en deux sens à la fois, comme pour produire une surface sphérique, elles cassent à moins d'un demi-pouce par pied sous cette double flexion; la glace inférieure de ces lentilles à l'eau, obéissant donc à la pression causée par le poids de l'eau, elle cassera ou prendra une plus forte courbure, à moins qu'elle ne soit fort épaisse, ou qu'elle ne soit soutenue par une croix de fer, ce qui fait ombre au foyer & rend désagréable l'aspect de ce miroir. D'ailleurs le foyer de ces lentilles à l'eau n'est jamais franc, ni bien terminé, ni réduit à sa plus petite étendue; les différentes réfractions que souffre la lumière en passant du verre dans l'eau, & de l'eau dans le verre, causent une aberration des rayons beaucoup plus grande qu'elle ne l'est par une réfraction simple dans les loupes de verre massif; tous ces inconvéniens m'ont fait tourner mes vues sur les moyens de perfectionner les lentilles de verre, & je crois avoir enfin trouvé tout ce qu'on peut faire de mieux en ce genre, comme je l'expliquerai dans les paragraphes suivans.

Avant de quitter les lentilles à l'eau, je crois devoir encore proposer un moyen de construction nouvelle qui seroit sujette à moins d'inconvéniens, & dont l'exécution seroit assez facile. Au lieu de courber, travailler & polir de grandes glaces de quatre ou cinq pieds de diamètre, il ne faudroit que des petits morceaux quarrés de deux pouces, qui ne coûteroient presque rien, & les placer dans un chassis de fer traversé de verges minces de ce

même métal, & ajustées comme les vitres en plomb; ce chassis & ces verges de fer auxquelles on donneroit la courbure sphérique, & quatre pieds de diamètre contiendroient chacun trois cents quarante-six de ces petits morceaux de 2 pouces, & en laissant quarante-six pour l'équivalent de l'espace que prendroient les verges de fer, il y auroit toujours trois cents disques du Soleil qui coïncideroient au même foyer que je suppose à dix pieds: chaque morceau laisseroit passer un disque de 2 pouces de diamètre, auquel ajoutant la lumière des parties du quarré circonscrit à ce cercle de 2 pouces de diamètre, le foyer n'auroit à dix pieds que 2 pouces $\frac{1}{2}$ ou 2 pouces $\frac{3}{4}$ si la monture de ces petites glaces étoit régulièrement exécutée. Or, en diminuant la perte que souffre la lumière en passant à travers l'eau & les doubles verres qui la contiennent, & qui seroit ici à peu-près de moitié, on auroit encore au foyer de ce miroir tout composé de facettes planes une chaleur cent cinquante fois plus grande que celle du Soleil. Cette construction ne seroit pas chère, & je n'y vois d'autre inconvénient que la fuite de l'eau qui pourroit percer par les joints des verges de fer qui soutiendroient les petits trapèzes de verre; il faudroit prévenir cet inconvénient en pratiquant des petites rainures de chaque côté dans ces verges & enduire ces rainures de mastic ordinaire des vitriers qui est impénétrable à l'eau.

IV. *LENTILLES*

I V.

LENTILLES DE VERRE SOLIDE.

J'AI vu deux de ces lentilles, celle du Palais-royal, & celle du ſieur Segard, toutes deux ont été tirées d'une maſſe de verre d'Allemagne, qui eſt beaucoup plus tranſparent que le verre de nos glaces de miroirs. Mais perſonne ne ſait en France fondre le verre en larges maſſes épaiſſes, & la compoſition d'un verre tranſparent comme celui de Bohème, n'eſt connue que depuis peu d'années.

J'ai donc d'abord cherché les moyens de fondre le verre en maſſes épaiſſes, & j'ai fait en même-temps différens eſſais pour avoir une matière bien tranſparente. M. de Romilly, qui dans ce temps étoit l'un des Directeurs de la manufacture de Saint-Gobin, m'ayant aidé de ſes conſeils, nous fondimes deux maſſes de verre d'environ ſept pouces de diamètre ſur cinq à ſix pouces d'épaiſſeur dans des creuſets à un fourneau où l'on cuiſoit de la fayence au faubourg Saint-Antoine. Après avoir fait uſer & polir les deux ſurfaces de ces morceaux de verre pour les rendre parallèles, je trouvai qu'il n'y en avoit qu'un des deux qui fût parfaitement net. Je livrai le ſecond morceau qui étoit le moins parfait à des ouvriers qui ne laiſſèrent pas que d'en tirer d'aſſez bons priſmes de toute groſſeur, & j'ai gardé pendant pluſieurs années le premier morceau qui avoit 4 pouces $\frac{1}{2}$ d'épaiſſeur, & dont la tranſparence étoit telle qu'en poſant ce verre de 4 pouces $\frac{1}{2}$ d'épaiſſeur ſur un livre, on pouvoit lire à

travers très-aisément les caractères les plus petits & les écritures de l'encre la plus blanche; je comparai le degré de transparence de cette matière avec celle des glaces de Saint-Gobin, prises & réduites à différentes épaisseurs; un morceau de la matière de ces glaces de 2 pouces $\frac{1}{2}$ d'épaisseur sur environ un pied de longueur & de largeur, que M. de Romilly me procura, étoit vert comme du marbre vert, & l'on ne pouvoit lire à travers; il fallut le diminuer de plus d'un pouce pour commencer à distinguer les caractères à travers son épaisseur, & enfin le réduire à 2 lignes $\frac{1}{2}$ d'épaisseur pour que sa transparence fut égale à celle de mon morceau de 4 pouces $\frac{1}{2}$ d'épaisseur; car on voyoit aussi clairement les caractères du livre à travers ces 4 pouces $\frac{1}{2}$, qu'à travers la glace qui n'avoit que 2 lignes $\frac{1}{2}$. Voici la composition de ce verre dont la transparence est si grande.

Sable blanc cristallin, *une livre.*
Minium ou chaux de plomb, *une livre.*
Potasse, *une demi-livre.*
Salpêtre, *une demi-once.*

Le tout mêlé & mis au feu suivant l'art.

J'ai donné à M. Cassini de Thury ce morceau de verre, dont on pouvoit espérer de faire d'excellens verres de lunette achromatique, tant à cause de sa très-grande transparence que de sa force réfringente, qui étoit très-considérable, vu la quantité de plomb qui étoit entrée dans sa composition; mais M. de Thury ayant confié ce beau morceau de verre à des ouvriers ignorans,

ils l'ont gâté au feu où ils l'ont remis mal-à-propos; je me suis repenti de ne l'avoir pas fait travailler moi-même, car il ne s'agissoit que de le trancher en lames, & la matière en étoit encore plus transparente & plus nette que celle *flint-glass* d'Angleterre, & elle avoit plus de force de réfraction.

Avec 600 livres de cette même composition, je voulois faire une lentille de 26 ou 27 pouces de diamètre & de 5 pieds de foyer. J'espérois pouvoir la fondre dans mon fourneau, dont à cet effet j'avois fait changer la disposition intérieure; mais je reconnus bientôt que cela n'étoit possible que dans les plus grands fourneaux de verrerie, il me falloit une masse de 3 pouces d'épaisseur sur 27 ou 28 pouces de diamètre, ce qui fait environ un pied cube de verre; je demandai la liberté de la faire couler à mes frais à la manufacture de Saint-Gobin, mais les Administrateurs de cet établissement ne voulurent pas me le permettre; & la lentille n'a pas été faite. J'avois supputé que la chaleur de cette lentille de 27 pouces seroit à celle de la lentille du Palais-royal, comme 19 sont à 6; ce qui est un très-grand effet, attendu la petitesse du diamètre de cette lentille, qui auroit eu 11 pouces de moins que celle du Palais-royal.

Cette lentille, dont l'épaisseur au point du milieu ne laisse pas d'être considérable, est néanmoins ce qu'on peut faire de mieux pour brûler à 5 pieds: on pourroit même en augmenter le diamètre; car je suis peruadé qu'on pourroit fondre & couler également des pièces

plus larges & plus épaiſſes dans les fourneaux où l'on fond les grandes glaçes, ſoit à Saint-Gobin, ſoit à Rouelle en Bourgogne; j'obſerve ſeulement ici qu'on perdroit plus par l'augmentation de l'épaiſſeur qu'on ne gagneroit par celle de la ſurface du miroir, & que c'eſt pour cela que tout compenſé, je m'étois borné à 26 ou 27 pouces.

Newton a fait voir que quand les rayons de lumière tomboient ſur le verre, ſous un angle de plus de 47 ou 48 degrés, ils ſont réfléchis au lieu d'être réfractés; on ne peut donc pas donner à un miroir réfringent un diamètre plus grand que la corde d'un arc de 47 ou de 48 degrés de la ſphère ſur laquelle il a été travaillé; ainſi dans le cas préſent pour brûler à 5 pieds, la ſphère ayant environ 32 pieds de circonférence, le miroir ne peut avoir qu'un peu plus de 4 pieds de diamètre; mais dans ce cas il auroit le double d'épaiſſeur de ma lentille de 26 pouces, & d'ailleurs les rayons trop obliques ne ſe réuniſſent jamais bien.

Ces loupes de verre ſolide ſont, de tous les miroirs que je viens de propoſer, les plus commodes, les plus ſolides, les moins ſujets à ſe gâter, & même les plus puiſſans lorſqu'ils ſont bien tranſparens, bien travaillés, & que leur diamètre eſt bien proportionné à la diſtance de leur foyer. Si l'on veut donc ſe procurer une loupe de cette eſpèce, il faut combiner ces différens objets, & ne lui donner, comme je l'ai dit, que 27 pouces de diamètre pour brûler à 5 pieds, qui eſt une diſtance commode pour travailler de ſuite & fort à l'aiſe au foyer;

plus le verre ſera tranſparent & peſant, plus ſeront grands les effets; la lumière paſſera en plus grande quantité en raiſon de la tranſparence, & ſera d'autant moins diſperſée, d'autant moins réfléchie, & par conſéquent d'autant mieux ſaiſie par le verre, & d'autant plus réfractée qu'il ſera plus maſſif, c'eſt-à-dire, ſpécifiquement plus peſant: ce ſera donc un avantage que de faire entrer dans la compoſition de ce verre une grande quantité de plomb; & c'eſt par cette raiſon que j'en ai mis moitié, c'eſt-à-dire, autant de minium que de ſable. Mais quelque tranſparent que ſoit le verre de ces lentilles, leur épaiſſeur dans le milieu eſt non-ſeulement un très-grand obſtacle à la tranſmiſſion de la lumière, mais encore un empêchement aux moyens qu'on pourroit trouver pour fondre des maſſes auſſi épaiſſes & auſſi grandes qu'il le faudroit; par exemple, pour une loupe de 4 pieds de diamètre, à laquelle on donneroit un foyer de cinq ou ſix pieds, qui eſt la diſtance la plus commode, & à laquelle la lumière plongeant avec moins d'obliquité, aura plus de force qu'à de plus grandes diſtances, il faudroit fondre une maſſe de verre de quatre pieds ſur ſix pouces & demi ou ſept pouces d'épaiſſeur, parce qu'on eſt obligé de la travailler & de l'uſer même dans la partie la plus épaiſſe. Or, il ſeroit très-difficile de fondre & couler d'un ſeul jet ce gros volume, qui ſeroit, comme l'on voit, de cinq ou ſix pieds cubes, car les plus amples cuvettes des manufactures de glaces ne contiennent pas deux pieds cubes; les plus grandes glaces de 60 pouces ſur 120, en leur ſuppoſant 5 lignes

d'épaiſſeur, ne ſont qu'un volume d'environ un pied cube trois quarts ; l'on ſera donc forcé de ſe réduire à ce moindre volume, & à n'employer en effet qu'un pied cube & demi, ou tout au plus un pied cube trois quarts de verre pour en former la loupe, & encore aura-t-on bien de la peine à obtenir des maîtres de ces manufactures de faire couler du verre à cette grande épaiſſeur, parce qu'ils craignent, avec quelque raiſon, que la chaleur trop grande de cette maſſe épaiſſe de verre ne faſſe fendre ou bourſoufler la table de cuivre ſur laquelle on coule les glaces, leſquelles n'ayant au plus que 5 lignes d'épaiſſeur *(u)*, ne communiquent à la table qu'une chaleur très-médiocre en comparaiſon de celle que lui feroit ſubir une maſſe de ſix pouces d'épaiſſeur.

V.

LENTILLES À ÉCHELONS
pour brûler avec la plus grande vivacité poſſible (x).

JE viens de dire que les fortes épaiſſeurs qu'on eſt obligé de donner aux lentilles lorſqu'elles ont un grand

(x) On a néanmoins coulé à Saint-Gobin, & à ma prière, des glaces de ſept lignes, dont je me ſuis ſervi pour différentes expériences, il y a plus de vingt ans ; j'ai remis dernièrement une de ces glaces de 38 pouces en quarré & de 7 lignes d'épaiſſeur à M. de Bernières, qui a entrepris de faire des loupes à l'eau pour l'Académie des Sciences, & j'ai vu chez lui des glaces de 10 lignes d'épaiſſeur qui ont été coulées de même à Saint-Gobin : cela doit faire préſumer qu'on pourroit, ſans aucun riſque pour la table, en couler d'encore plus épaiſſes.

(x) Voyez les *planches XIV, XV & XVI.*

diamètre & un foyer court, nuifent beaucoup à leur effet; une lentille de 6 pouces d'épaiffeur dans le milieu & de la matière des glaces ordinaires ne brûle, pour ainfi dire, que par les bords. Avec du verre plus tranfparent l'effet fera plus grand, mais la partie du milieu refte toujours en pure perte, la lumière ne pouvant en pénétrer & traverfer la trop grande épaiffeur; j'ai rapporté les expériences que j'ai faites fur la diminution de la lumière qui paffe à travers différentes épaiffeurs du même verre, & l'on a vu que cette diminution eft très-confidérable: j'ai donc cherché les moyens de parer à cet inconvénient, & j'ai trouvé une manière fimple & affez aifée de diminuer réellement les épaiffeurs des lentilles autant qu'il me plaît, fans pour cela diminuer fenfiblement leur diamètre & fans alonger leur foyer.

Ce moyen confifte à travailler ma pièce de verre par échelons. Suppofons, pour me faire mieux entendre, que je veuille diminuer de deux pouces l'épaiffeur d'une lentille de verre qui a 26 pouces de diamètre, 5 pieds de foyer & 3 pouces d'épaiffeur au centre; je divife l'arc de cette lentille en trois parties, & je rapproche concentriquement chacune de ces portions d'arc, en forte qu'il ne refte qu'un pouce d'épaiffeur au centre; & je forme de chaque côté un échelon d'un demi-pouce, pour rapprocher de même les parties correfpondantes; par ce moyen, en faifant un fecond échelon, j'arrive à l'extrémité du diamètre, & j'ai une lentille à échelons qui eft à très-peu près du même foyer, & qui a le même diamètre,

& près de deux fois moins d'épaiſſeur que la première, ce qui eſt un très-grand avantage.

Si l'on vient à bout de fondre une pièce de verre de 4 pieds de diamètre ſur 2 pouces & demi d'épaiſſeur & de la travailler par échelons ſur un foyer de 8 pieds; j'ai ſupputé qu'en laiſſant même un pouce & demi d'épaiſſeur au centre de cette lentille & à la couronne intérieure des échelons, la chaleur de cette lentille ſera à celle de la lentille du Palais-royal, comme 28 ſont à 6, ſans compter l'effet de la différence des épaiſſeurs qui eſt très-conſidérable & que je ne puis eſtimer d'avance.

Cette dernière eſpèce de miroir réfringent eſt tout ce qu'on peut faire de plus parfait en ce genre; & quand même nous le réduirions à 3 pieds de diamètre ſur 15 lignes d'épaiſſeur au centre & 6 pieds de foyer, ce qui en rendra l'exécution moins difficile, on auroit toujours un degré de chaleur quatre fois au moins plus grand que celui des plus fortes lentilles que l'on connoiſſe. J'oſe dire que ce miroir à échelons ſeroit l'un des plus utiles inſtrumens de Phyſique, je l'ai imaginé il y a plus de vingt-cinq ans, & tous les Savans auxquels j'en ai parlé deſireroient qu'il fût exécuté. On en tireroit de grands avantages pour l'avancement des Sciences; & y adaptant un héliomètre, on pourroit faire à ſon foyer toutes les opérations de la Chimie auſſi commodément qu'on le fait au feu des fourneaux, &c.

EXPLICATION

Explication des figures qui représentent le fourneau dans lequel j'ai fait courber des Glaces pour faire les miroirs ardens de différentes espèces.

La *planche I* est le plan du fourneau, au rez-de-chaussée, où l'on voit *H K B* un vuide qui sauve les inconvéniens du terre-plein sous l'âtre du fourneau; ce vuide est couvert d'une voûte, comme on le verra dans les figures suivantes.

E R les cendriers, disposés en sorte que l'ouverture de l'un est dans la face où se trouve le vent de l'autre.

L L deux contre-forts qui affermissent la maçonnerie du fourneau.

M M deux autres contre-forts, dont l'usage est le même que celui de ceux ci-dessus, & qui n'en diffèrent que parce qu'ils sont un peu arrondis.

G G G G plans de quatre barres de fer qui affermissent le fourneau, ainsi qu'il sera expliqué ci-après.

La *planche II* est l'élévation d'une des faces parallèles à la ligne *C D* du plan précédent.

H K l'ouverture pratiquée dans l'âtre du fourneau, afin qu'il ne s'y trouve point d'humidité.

C C la bouche ou grande ouverture du fourneau.

A la petite ouverture pratiquée dans la face opposée, laquelle est toute semblable à celle que la *même planche* représente, à cette différence près que l'ouverture est plus petite.

M m un des contre-forts arrondis, à côté duquel on voit le vent.

R ouverture par où l'air extérieur passe sous la grille du foyer.

E le cendrier, *N* le foyer, *P* la porte qui le ferme.

L l un contre-fort quarré.

G O, G O deux des barres de fer scellées en terre, & qui sont unies à celles qui sont posées à l'autre face par les liens de fer *D*, ainsi que l'on verra dans une des figures suivantes.

O O deux barres de fer qui uniſſent enſemble les deux barres *G O*, *G O* & retiennent la voûte de l'ouverture *C C* qui eſt bombée.

m D B D l la voûte commune du fourneau & des foyers, dont la figure eſt ellipſoïde, l'arrangement des briques & autres matériaux qui compoſent le fourneau ſe connoît aiſément par la figure.

La *planche III* eſt la vue extérieure du fourneau par une des faces parallèles à la ligne *A B* du plan.

L L, *M M* contre-forts.

H K extrémités de l'ouverture ſous l'âtre du fourneau.

A la petite ouverture, *C* la grande.

G O D, *G O D* les barres de fer dont on a parlé, qui ſont unies enſemble par le lien *D D*.

Les liens *D D* couchés ſur la voûte *D B D* ſont unis enſemble par un troiſième lien de fer.

P eſt la porte de fer qui ferme le foyer.

Les figures précédentes ſont connoître l'extérieur du fourneau. L'intérieur plus intéreſſant eſt repréſenté dans les planches ſuivantes.

La *planche IV* eſt une coupe horizontale du fourneau par le milieu de la grande bouche.

X eſt l'âtre que l'on a rendu concave ſphérique.

E E les deux grilles qui ſéparent le foyer du cendrier, & ſur leſquelles on met le charbon; on a ſuppoſé que la voûte étoit tranſparente, pour mieux faire voir la direction des barreaux qui compoſent les grilles.

A la petite ouverture, *C C* la grande.

D D les marges, *L M*, *L M* les contre-forts.

La *planche V* eſt la coupe verticale du fourneau ſuivant la ligne *C D* du plan, ou ſelon le grand axe de l'ellipſoïde dont la voûte a la figure.

Z le vuide ſous l'âtre du fourneau.

G X K cavité ſphérique pratiquée dans l'âtre du fourneau, & ſur laquelle la glace *G K* qui a été arrondie eſt poſée, & dont elle doit prendre exactement la figure après qu'elle aura été ramollie par le feu.

F F les grilles ou foyers au-deſſous deſquelles ſont les cendriers.

D D les marges qui empêchent les bords de la glace du côté des foyers d'être trop tôt atteints par le feu.

C B C la voûte, *C C* lunettes que l'on ouvre ou ferme à volonté en les couvrant d'un carreau de terre cuite, *L M* contre-forts.

La *planche VI* repréſente la coupe du fourneau par un plan vertical qui paſſe par la ligne *A B* du plan.

H K L le vuide ſous l'âtre du fourneau.

G X K cavité ſphérique pratiquée dans l'âtre du fourneau, & ſur laquelle la glace *X* eſt déjà appliquée.

D D une des marges, *P* la grande ouverture, *Q* la petite, *C C C* lunettes.

C B C la voûte coupée tranſverſalement ou ſelon le petit axe de l'ellipſoïde. On jugera de la grandeur de chaque partie de ce fourneau par les échelles qui ſont au bas de chaque figure, qui ont été exactement levées ſur le fourneau qui étoit au Jardin royal des plantes, par M. Gouſſier.

GRAND-MIROIR DE RÉFLEXION, appelé MIROIR D'ARCHIMÈDE.

Planche VII, figure 1.

CE miroir eſt compoſé de trois cents ſoixante glaces montées ſur un chaſſis de fer *C D E F*, chaque glace eſt mobile pour que les images réfléchies par chacune, puiſſent être renvoyées vers le même point, & coïncider dans le même eſpace.

Le chaſſis qui a deux tourillons, eſt porté par une pièce de fer compoſée de deux montans *MB*, *LA* aſſemblés à tenons & mortoiſes dans la couche *ZO*; ils ſont aſſujettis dans cette ſituation par la traverſe *a b*, & par trois étais à chacun *NP*, *QP*, *OP*, fixés en *P* dans le corps du montant *MB*, & aſſemblés par le bas dans une courbe *NOQ* qui leur ſert d'empattement; ces courbes ont des entailles *NQ*, *IU* qui reçoivent des roulettes, au moyen deſquelles cette machine, quoique fort peſante, peut tourner librement ſur le plancher de bois *XXY* étant aſſujettie au centre de cette plate-forme par l'axe *RS* qui paſſe dans les deux traverſes *ZO*, *a b*; chaque montant porte auſſi à ſa partie inférieure une roulette, en ſorte que toute la machine eſt portée par dix roulettes; la plate-forme de bois eſt recouverte de bandes de fer dans la rouette des roulettes; ſans cette attention la plate-forme ne ſeroit pas de longue durée.

La plate-forme eſt portée par quatre fortes roulettes de bois, dont l'uſage eſt de faciliter le tranſport de toute la machine d'un lieu à un autre.

Pour pouvoir varier à volonté les inclinaiſons du miroir, & pouvoir l'aſſujettir dans la ſituation que l'on juge à propos, on a adapté la cremaillière *FG* qui eſt unie avec des cercles, dont le tourillon *B* eſt le centre; cette cremaillière eſt menée par un pignon en lanterne, dont la tige *b H* traverſe le montant & un des étais, & eſt terminée par une manivelle *HK*, au moyen de laquelle on incline ou on redreſſe le miroir à diſcrétion.

Juſqu'à préſent nous n'avons expliqué que la conſtruction générale du miroir; reſte à expliquer par quel artifice on parvient à faire que les images différentes, réfléchies par les différens miroirs, ſont toutes renvoyées au même point, & c'eſt à quoi ſont deſtinées les figures ſuivantes.

Planche VIII, figure 2.

X Z une portion des barres qui occupent le derrière du miroir; ces barres ſont au nombre de vingt, & diſpoſées horizontalement, en ſorte que leur plan eſt parallèle au plan du miroir; chacune de ces barres a dix-huit entailles *T T*, & le même nombre d'éminences *V V* qui les ſéparent: ces barres ſont aſſujetties aux côtés verticaux du chaſſis du miroir par des vis, & entr'elles par trois ou quatre barres verticales, auxquelles elles ſont aſſujetties par des vis; vis-à-vis de chaque entaille *T T* il y a des poupées *T A*, *T D* qui y ſont fixées par les écrous *G A* qui prennent la partie taraudée de la queue de la poupée après qu'elle a traverſé l'épaiſſeur de la barre; les parties ſupérieures de chaque poupée, qui ſont percées, ſervent de collets aux tourillons de la croix dont nous allons parler; cette croix repréſentée *figures 3 & 5*, eſt un morceau de cuivre ou de fer, dont la figure fait connoître la forme.

C D les tourillons qui entrent dans les trous pratiqués à chaque poupée, en ſorte qu'elle ſe peut mouvoir librement dans ces trous.

La vis *M L* après avoir traverſé l'éminence *V*, va s'appuyer en-deſſous contre l'extrémité inférieure *B* du croiſillon *B A*, en même temps le reſſort *K* va s'appliquer contre l'autre extrémité *A* du même croiſillon; en ſorte que lorſque l'on fait tourner la vis en montant, le reſſort en ſe rétabliſſant, fait que la partie *B* du croiſillon ſe trouve toujours appliquée ſur la pointe de la vis: il réſulte de cette conſtruction un mouvement de ginglime ou charnière, dont l'axe eſt *B C*, *figure 2*.

Ce ſeul mouvement ne ſuffiſant pas, on en a pratiqué un autre, dont l'axe de mouvement croiſe à angle droit le premier.

Aux deux extrémités *A* & *B* du croiſillon *A B*, on a adapté deux petites poupées *BH*, *A K*, *figure 5*, retenues comme les précédentes par des vis & des écrous.

Les trous *H K* qui ſont aux parties ſupérieures de ces poupées,

reçoivent les tourillons *D C, figure 4*, d'une plaque de fer que nous avons appelée *porte-glace*, qui peut se mouvoir librement sur les poupées, & s'incliner à l'axe *C D* du premier mouvement par le moyen de la vis *F G*, pour laquelle on a réservé un bossage *E* dans le croisillon *A B*, afin de lui servir d'écrous dormans; cette vis s'applique par *E* contre la partie *D B C* du porte-glace, & force cette partie à monter lorsqu'on tourne la vis; mais lorsqu'on vient à lâcher cette vis, le ressort *A L* qui s'applique contre la partie *D A C* du porte-glace, le force à suivre toujours la pointe de la vis: au moyen de ces deux mouvemens de ginglime, on peut donner à la glace qui est reçue par les crochets *A C B* du porte-glace, telle direction que l'on souhaite, & par ce moyen faire coïncider l'image du Soleil réfléchie par une glace, avec celle qui est réfléchie par une autre.

Planche IX.

La *figure 6* représente le porte-glace vu par-derrière, où l'on voit la vis *F E G* qui s'applique en *G* hors de l'axe de mouvement *H K*, & le ressort *L* qui s'applique en *L* de l'autre côté de l'axe de mouvement.

La *figure 7* représente le porte-glace vu en-dessus, & garni de la glace *A C B D*, le reste est expliqué dans les autres figures.

MIROIR DE RÉFLEXION rendu concave par la pression d'une vis appliquée au centre.

Planche X.

LA *figure 1* représente le miroir monté sur son pied, *B D C* la fourchette qui porte le miroir; cette fourchette est mobile dans l'axe vertical, & est retenue sur le pied à trois branches *F F F* par l'écrou *G*.

D E le régulateur des inclinaisons.

A la tête de la vis placée au centre du miroir, & rendu concave par son moyen.

La *figure* 2 représente le miroir vu par sa partie postérieure, *B C* les tourillons qui entrent dans les collets de la fourchette.

F G une barre de fer fixée sur l'anneau de même métal, qui entoure la glace: cette barre sert de point d'appui à la vis *D E* qui comprime la glace.

B H C K l'anneau ou cercle de fer sur lequel la glace est appliquée; ce cercle doit être exactement plan & parfaitement circulaire: on couvre la partie sur laquelle la glace s'applique avec de la peau, du cuir ou de l'étoffe, pour que le contact soit plus immédiat, & que la glace ne soit point exposée à rompre.

MIROIR DE RÉFLEXION *rendu concave par la pression de l'Atmosphère.*

Planche XI.

CE miroir consiste en un tambour ou cylindre, dont une des bases est la glace, & l'autre une plaque de fer.

A B, *figure 1*, la glace parfaitement plane, *C* une lentille taillée dans l'épaisseur même de la glace.

A E ou *B M* la hauteur du cylindre aux extrémités du diamètre horizontal *T L*, duquel sort deux tourillons qui entrent dans les yeux de la fourchette, ainsi qu'il est expliqué en parlant du miroir de réfraction.

M O le régulateur des inclinaisons.

N le collet par lequel il passe & la vis qui sert à l'y fixer.

N R S P Q le pied qui est semblable à celui du miroir de réfraction, à cette différence près, qu'il est de bois, & que les pièces ont un contour moins orné, du reste sa fonction est la même.

Figure 2 eſt le profil du miroir coupé par un plan qui paſſe par l'axe du cylindre, & auquel on ſuppoſe que l'œil eſt perpendiculaire.

A B la glace dont on voit l'épaiſſeur.

C la lentille qui y eſt entaillée & dont le foyer tombe ſur le point *c*.

E D la baſe du cylindre qui eſt une plaque de fer.

A E, B D la hauteur & la coupe de la ſurface cylindrique.

c m une mèche ſoufrée que l'on fait entrer dans la cavité du miroir après avoir ôté la vis *K* dont l'écrou, eſt un cube ſolidement attaché à la plaque de fer qui ſert de fond au miroir.

G la même vis repréſentée ſéparément, *H* une rondelle de cuir que l'on met entre la tête de la vis & ſon écrou pour fermer entièrement le paſſage à l'air.

a b c la courbure que la glace prend après que l'air, que le cylindre contient, a été conſommé par la flamme de la bougie *c m*, à laquelle la lentille *C* a mis le feu.

D F le régulateur des inclinaiſons qui eſt aſſemblé à charnière au point *D*.

E m K, K m D règles de fer poſées de champ ſur la baſe du cylindre & qui y ſont fortement aſſujetties; leur uſage eſt pour fortifier la plaque & la mettre en état de réſiſter au poids de l'atmoſphère, qui la comprime auſſi-bien que la glace; cette conſtruction eſt repréſentée dans une autre figure, *Planche XII*.

AUTRE MIROIR DE RÉFLEXION.

Planche XII.

IL conſiſte auſſi en un cylindre ou tambour de fer, dont une des baſes eſt une glace parfaitement plane; la baſe oppoſée, & qui eſt celle que la *figure 1* préſente, eſt une plaque de fer qui eſt fortifiée par les règles de fer poſées de champ *E G, F H, E K*.

On

On vuide l'air que le cylindre contient par la pompe *BC*, qui eſt aſſermie ſur la plaque de fer par les collets *x x*.

A l'extrémité ſupérieure du piſton.

E un cube de cuivre ſolidement fixé ſur la plaque; ce cube eſt porté en travers pour recevoir le robinet *F*, au moyen duquel on ouvre ou on ferme la communication de l'intérieur du cylindre avec la pompe.

LM, *m n* la fourchette ſur laquelle le miroir eſt monté & qui eſt mobile dans l'arbre *MO*.

MPRQ le pied qui a ſeulement trois branches, ce qui fait qu'il porte toujours à plomb, même ſur un plan inégal.

La *figure 2* repréſente le miroir coupé, ſuivant la ligne *GH*, & duquel on ſuppoſe que l'on a pompé l'air.

XVZ la glace que la preſſion de l'atmoſphère a rendue concave.

HG la plaque de fer qui ſert de fond au cylindre.

LN les tourillons.

FE le robinet.

EG, *FH* les règles de champ qui maintiennent la plaque.

Les *figures 3 & 4* repréſentent en grand la coupe du cube dans lequel paſſe le robinet, ce cube eſt ſuppoſé coupé par un plan perpendiculaire à la plaque & qui paſſe par la pompe.

c partie du canal coudé pratiqué dans le cube qui communique à l'intérieur du miroir.

b portion du même canal qui communique à la pompe.

a le robinet qui ſe trouve coupé perpendiculairement à ſon axe.

La *figure 5* repréſente la ſituation du robinet lorſque la communication eſt ouverte, la portion *m* du canal ſe préſente vis-à-vis les ouvertures *b*, *c*.

La *figure 4* repréſente la ſituation du robinet, lorſque la communication eſt fermée, alors la partie *m* du canal ne ſe préſente plus vis-à-vis les mêmes ouvertures.

LENTILLE À L'EAU.

Planche XIII.

FIGURE *1*. Le miroir entier monté ſur ſon pied.

ABMC le miroir compoſé de deux glaces convexes, aſſujetties l'une contre l'autre par le chaſſis ou cadre circulaire *ABMC*.

BC extrémités de la fourchette de fer qui porte ce miroir. Les extrémités de cette fourchette ſont percées d'un trou cylindrique pour recevoir les tourillons dont le chaſſis du miroir eſt garni & ſur leſquels il ſe meut pour varier les inclinaiſons.

BKC la fourchette.

KFiGH le pied qui porte le miroir; il eſt compoſé de pluſieurs pièces.

KL l'arbre ou poinçon qui s'appuie par ſa partie inférieure ſur la croix *HI*, *FG*; il eſt fixé dans la ſituation verticale par les quatre étais ou jambes de forces *KG*, *KH*, *KF*, *KI* qui ſont de fer & auxquelles on a donné un contour agréable.

fghi les roulettes.

Figure 2. Coupe ou profil du miroir dans laquelle on ſuppoſe que l'œil eſt placé dans le plan qui ſépare les deux glaces.

XZ les deux glaces qui étant réunies forment une lentille.

or le plan qui ſépare les deux glaces.

bm coupe du chaſſis ou anneau qui retient les glaces unies enſemble; cet anneau eſt compoſé de deux pièces qui s'aſſujettiſſent l'une à l'autre par des vis & entre leſquelles les glaces ſont maſtiquées.

a une petite bouteille à deux cols, l'un deſquels communique

au vuide que les deux glaces laiſſent entre elles par un canal pratiqué entre les deux glaces & qui eſt entaillé moitié dans l'une & moitié dans l'autre.

Figure 3. *BDC* la fourchette de fer qui porte le miroir.

DE tige de la fourchette qui entre dans un trou vertical pratiqué à l'axe ou arbre *KL* du pied, en ſorte que l'on peut préſenter ſucceſſivement la face du miroir à tous les points de l'horizon.

D collet dans lequel paſſe le régulateur des inclinaiſons que l'on y fixe par une vis.

LENTILLE À ÉCHELONS.

Planche XIV.

AB bordure circulaire pour contenir ce miroir à échelons.

CC tourillons qui paſſent dans les trous percés horizontalement à la partie ſupérieure de la fourchette *DD;* à ſa partie inférieure, tient une tige auſſi de fer, que l'on ne voit point ici, étant entrée perpendiculairement, mais un peu à l'aiſe dans l'arbre *E* afin de pouvoir tourner à droite & à gauche.

L'arbre *E* eſt attaché ſolidement à ſon pied, qui eſt fait en croix, dont on ne peut voir ici que trois de ſes côtés indiqués *FFF.*

GGG jambages de force ou étais de fer pour la ſolidité.

HHH roulettes deſſous les pieds pour ranger facilement ce miroir à la direction que l'on juge à propos.

La *Planche XV* repréſente ce même miroir à échelons en perſpective, tourné vers le Soleil pour mettre le feu.

AB bordure circulaire qui contient la glace à échelons.

CC tourillons qui paſſent dans les trous percés à la partie ſupérieure de la fourchette *DD.*

À la partie inférieure de la fourchette, qui eſt de fer, tient une tige cylindrique de même métal qui entre dans l'arbre juſte; mais

non trop ſerrée pour qu'elle puiſſe avoir un jeu doux, propre à pouvoir tourner à droite ou à gauche pour la diriger comme on le deſire.

E l'arbre dans lequel entre cette tige.

FFFF les quatre pieds en croix ſur laquelle eſt attaché ſolidement l'arbre.

GGGG les quatre jambes de force, auſſi de fer.

H le feu actif tiré du Soleil par la conſtruction de ce miroir.

III roulettes de deſſous les pieds du porte-miroir.

La *Planche XVI* repréſente les coupes de trois miroirs à échelons, dont le plus facile à exécuter ſeroit celui de la *figure 1.re* Leur échelle eſt de ſix pouces de pied-de-roi pour pied-de-roi.

SEPTIÈME MÉMOIRE.

OBSERVATIONS sur les couleurs accidentelles, & sur les ombres colorées.

QUOIQU'ON se soit beaucoup occupé dans ces derniers temps de la physique des couleurs, il ne paroît pas qu'on ait fait de grands progrès depuis Newton: ce n'est pas qu'il ait épuisé la matière, mais la plupart des Physiciens ont plus travaillé à le combattre qu'à l'entendre, & quoique ses principes soient clairs, & ses expériences incontestables, il y a si peu de gens qui se soient donné la peine d'examiner à fond les rapports & l'ensemble de ses découvertes, que je ne crois pas devoir parler d'un nouveau genre de couleurs, sans avoir auparavant donné des idées nettes sur la production des couleurs en général.

Il y a plusieurs moyens de produire des couleurs, le premier est la réfraction: un trait de lumière qui passe à travers un prisme se rompt & se divise de façon qu'il produit une image colorée, composée d'un nombre infini de couleurs, & les recherches qu'on a faites sur cette image colorée du Soleil, ont appris que la lumière de cet astre est l'assemblage d'une infinité de rayons de lumière différemment colorés; que ces rayons ont autant de différens degrés de réfrangibilité que de couleurs

différentes, & que la même couleur a constamment le même degré de réfrangibilité. Tous les corps diaphanes dont les surfaces ne sont pas parallèles, produisent des couleurs par la réfraction; l'ordre de ces couleurs est invariable, & leur nombre quoiqu'infini a été réduit à sept dénominations principales, *violet, indigo, bleu, vert, jaune, orangé, rouge;* chacune de ces dénominations répond à un intervalle déterminé dans l'image colorée qui contient toutes les nuances de la couleur dénommée; de sorte que dans l'intervalle rouge on trouve toutes les nuances de rouge, dans l'intervalle jaune toutes les nuances de jaune, &c. & dans les confins de ces intervalles les couleurs intermédiaires qui ne sont ni jaunes ni rouges, &c. C'est par de bonnes raisons que Newton a fixé à sept le nombre des dénominations des couleurs; l'image colorée du Soleil qu'il appelle *le spectre solaire*, n'offre à la première vue que cinq couleurs, violet, bleu, vert, jaune & rouge, ce n'est encore qu'une décomposition imparfaite de la lumière, & une représentation confuse des couleurs. Comme cette image est composée d'une infinité de cercles différemment colorés qui répondent à autant de disques du Soleil; & que ces cercles anticipent beaucoup les uns sur les autres, le milieu de tous ces cercles est l'endroit où le mélange des couleurs est le plus grand, & il n'y a que les côtés rectilignes de l'image où les couleurs soient pures; mais comme elles sont en même temps très-foibles, on a peine à les distinguer, & on se sert d'un autre moyen pour épurer les couleurs: c'est en rétrécissant l'image du

diſque du Soleil, ce qui diminue l'anticipation des cercles colorés les uns ſur les autres, & par conſéquent le mélange des couleurs; dans ce ſpectre de lumiere épurée & homogène, on voit très-bien les ſept couleurs; on en voit même beaucoup plus de ſept avec un peu d'art, car en recevant ſucceſſivement ſur un fil blanc les différentes parties de ce ſpectre de lumière épurée, j'ai compté ſouvent juſqu'à dix-huit ou vingt couleurs dont la différence étoit ſenſible à mes yeux. Avec de meilleurs organes ou plus d'attention, on pourroit encore en compter davantage; cela n'empêche pas qu'on ne doive fixer le nombre de leur dénomination à ſept, ni plus ni moins; & cela par une raiſon bien fondée, c'eſt qu'en diviſant le ſpectre de lumière épurée en ſept intervalles, & ſuivant la proportion donnée par Newton, chacun de ces intervalles contient des couleurs qui, quoique priſes toutes enſemble, ſont indécompoſables par le priſme & par quelqu'art que ce ſoit, ce qui leur a fait donner le nom de *couleurs primitives :* Si au lieu de diviſer le ſpectre en ſept, on ne le diviſe qu'en ſix, ou cinq, ou quatre, ou trois intervalles, alors les couleurs contenues dans chacun de ces intervalles ſe décompoſent par le priſme, & par conſéquent ces couleurs ne ſont pas pures, & ne doivent pas être regardées comme couleurs primitives. On ne peut donc pas réduire les couleurs primitives à moins de ſept dénominations, & on ne doit pas en admettre un plus grand nombre, parce qu'alors on diviſeroit inutilement les intervalles en deux ou pluſieurs parties, dont les couleurs

feroient de la même nature, & ce feroit partager mal-à-propos une même efpèce de couleur, & donner des noms différens à des chofes femblables.

Il fe trouve par un hafard fingulier, que l'étendue proportionnelle de ces fept intervalles de couleurs, répond affez jufte à l'étendue proportionnelle des fept tons de la mufique, mais ce n'eft qu'un hafard dont on ne doit tirer aucune conféquence; ces deux réfultats font indépendans l'un de l'autre, & il faut fe livrer bien aveuglément à l'efprit de fyftème pour prétendre, en vertu d'un rapport fortuit, foumettre l'œil & l'oreille à des loix communes, & traiter l'un de ces organes par les règles de l'autre, en imaginant qu'il eft poffible de faire un concert aux yeux ou un payfage aux oreilles.

Ces fept couleurs, produites par la réfraction, font inaltérables, & contiennent toutes les couleurs & toutes les nuances de couleurs qui font au monde; les couleurs du prifme, celles des diamans, celles de l'arc-en-ciel, des images des halos, dépendent toutes de la réfraction, & en fuivent exactement les loix.

La réfraction n'eft cependant pas le feul moyen pour produire des couleurs, la lumière a de plus que fa qualité réfrangible d'autres propriétés qui, quoique dépendantes de la même caufe générale, produifent des effets différens; de la même façon que la lumière fe rompt & fe divife en couleurs en paffant d'un milieu dans un autre milieu tranfparent, elle fe rompt auffi en paffant auprès

des surfaces d'un corps opaque: cette espèce de réfraction qui se fait dans le même milieu, s'appelle *inflexion*, & les couleurs qu'elle produit, sont les mêmes que celles de la réfraction ordinaire; les rayons violets qui sont les plus réfrangibles, sont aussi les plus flexibles, & la frange colorée par l'inflexion de la lumière ne diffère du spectre coloré produit par la réfraction, que dans la forme; & si l'intensité des couleurs est différente, l'ordre en est le même, les propriétés toutes semblables, le nombre égal, la qualité primitive & inaltérable commune à toutes, soit dans la réfraction, soit dans l'inflexion qui n'est en effet qu'une espèce de réfraction.

Mais le plus puissant moyen que la Nature emploie pour produire des couleurs, c'est la réflexion *(a)*; toutes

(a) J'avoue que je ne pense pas comme Newton au sujet de la réflexibilité des différens rayons de la lumière. Sa définition de la réflexibilité n'est pas assez générale pour être satisfaisante, il est sûr que la plus grande facilité à être réfléchi est la même chose que la plus grande réflexibilité, il faut que cette plus grande facilité soit générale pour tous les cas : or qui sait si le rayon violet se réfléchit le plus aisément dans tous les cas, à cause que dans un cas particulier, il rentre plutôt dans le verre que les autres rayons; la réflexion de la lumière suit les mêmes loix que le rebondissement de tous les corps à ressort; de-là on doit conclure que les particules de lumière sont élastiques, & par conséquent la réflexibilité de la lumière sera toujours proportionnelle à son ressort, & dès-lors les rayons les plus réflexibles seront ceux qui auront le plus de ressort; qualité difficile à mesurer dans la matière de la lumière, parce qu'on ne peut mesurer l'intensité d'un ressort que par la vîtesse qu'il produit; il faudroit donc pour qu'il fût possible de faire une expérience sur cela, que

les couleurs matérielles en dépendent, le vermillon n'est rouge que parce qu'il réfléchit abondamment les rayons

les satellites de Jupiter fussent illuminés successivement par toutes les couleurs du prisme, pour reconnoître par leurs éclipses s'il y auroit plus ou moins de vîtesse dans le mouvement de la lumière violette que dans le mouvement de la lumière rouge ; car ce n'est que par la comparaison de la vîtesse de ces deux différens rayons qu'on peut savoir si l'un a plus de ressort que l'autre ou plus de réflexibilité. Mais on n'a jamais observé que les satellites, au moment de leur émersion, aient d'abord paru violets, & ensuite éclairés successivement de toutes les couleurs du prisme ; donc il est à présumer que les rayons de lumière ont à peu-près tous un ressort égal, & par conséquent autant de réflexibilité. D'ailleurs le cas particulier où le violet paroît être plus réflexible ne vient que de la réfraction, & ne paroît pas tenir à la réflexion, cela est aisé à démontrer. Newton a fait voir, à n'en pouvoir douter, que les rayons différens sont inégalement réfrangibles, que le rouge l'est le moins & le violet le plus de tous ; il n'est donc pas étonnant qu'à une certaine obliquité le rayon violet se trouvant en sortant du prisme plus oblique à la surface que tous les autres rayons, il soit le premier saisi par l'attraction du verre & contraint d'y rentrer, tandis que les autres rayons, dont l'obliquité est moindre, continuent leur route sans être assez attirés, pour être obligés de rentrer dans le verre; ceci n'est donc pas, comme le prétend Newton, une vraie réflexion, c'est seulement une suite de la réfraction. Il me semble qu'il ne devoit donc pas assurer en général que les rayons les plus réfrangibles étoient les plus réflexibles. Cela ne me paroît vrai qu'en prenant cette suite de la réfraction pour une réflexion, ce qui n'en est pas une; car il est évident qu'une lumière qui tombe sur un miroir & qui en réjaillit en formant un angle de réflexion égal à celui d'incidence, est dans un cas bien différent de celui où elle se trouve au sortir d'un verre si oblique à la surface qu'elle est contrainte d'y rentrer; ces deux phénomènes n'ont rien de commun, & ne peuvent, à mon avis, s'expliquer par la même cause.

rouges de la lumière, & qu'il abſorbe les autres; l'outre-mer ne paroît bleu que parce qu'il réfléchit fortement les rayons bleus, & qu'il reçoit dans ſes pores tous les autres rayons qui s'y perdent. Il en eſt de même des autres couleurs des corps opaques & tranſparens; la tranſparence dépend de l'uniformité de denſité; lorſque les parties compoſantes d'un corps ſont d'égale denſité, de quelque figure que ſoient ces mêmes parties, le corps ſera toujours tranſparent. Si l'on réduit un corps tranſparent à une fort petite épaiſſeur, cette plaque mince produira des couleurs dont l'ordre & les principales apparences ſont fort différentes des phénomènes du ſpectre ou de la frange colorée; auſſi ce n'eſt pas par la réfraction que ces couleurs ſont produites, c'eſt par la réflexion: les plaques minces des corps tranſparens, les bulles de ſavon, les plumes des oiſeaux, &c. paroiſſent colorées parce qu'elles réfléchiſſent certains rayons & laiſſent paſſer ou abſorbent les autres; ces couleurs ont leurs loix & dépendent de l'épaiſſeur de la plaque mince, une certaine épaiſſeur produit conſtamment une certaine couleur, toute autre épaiſſeur ne peut la produire, mais en produit une autre; & lorſque cette épaiſſeur eſt diminuée à l'infini, en ſorte qu'au lieu d'une plaque mince & tranſparente on n'a plus qu'une ſurface polie ſur un corps opaque, ce poli qu'on peut regarder comme le premier degré de la tranſparence, produit auſſi des couleurs par la réflexion, qui ont encore d'autres loix; car lorſqu'on laiſſe tomber un trait de lumière ſur un miroir de métal,

ce trait de lumière ne ſe réfléchit pas tout entier ſous le même angle, il s'en diſperſe une partie qui produit des couleurs dont les phénomènes, auſſi-bien que ceux des plaques minces, n'ont pas encore été aſſez obſervés.

Toutes les couleurs dont je viens de parler ſont naturelles & dépendent uniquement des propriétés de la lumière; mais il en eſt d'autres qui me paroiſſent accidentelles & qui dépendent autant de notre organe que de l'action de la lumière. Lorſque l'œil eſt frappé ou preſſé, on voit des couleurs dans l'obſcurité, lorſque cet organe eſt mal diſpoſé ou fatigué, on voit encore des couleurs; c'eſt ce genre de couleurs que j'ai cru devoir appeler *couleurs accidentelles*, pour les diſtinguer des couleurs naturelles, & parce qu'en effet elles ne paroiſſent jamais que lorſque l'organe eſt forcé ou qu'il a été trop fortement ébranlé.

Perſonne n'a fait avant le D.r Jurin *(b)* la moindre obſervation ſur ce genre de couleurs, cependant elles tiennent aux couleurs naturelles par pluſieurs rapports, & j'ai découvert une ſuite de phénomènes ſinguliers ſur cette matière, que je vais rapporter le plus ſuccinctement qu'il me ſera poſſible.

Lorſqu'on regarde fixement & long-temps une tache ou une figure rouge ſur un fond blanc, comme un petit quarré de papier rouge ſur un papier blanc, on voit naître

---

(b) Eſſai, *Upon diſtinct and indiſtinct viſion, pag. 115,* des notes ſur l'Optique de Smith, *tome II,* imprimé à Cambridge en 1738.

autour du petit quarré rouge une eſpèce de couronne d'un vert foible; en ceſſant de regarder le quarré rouge ſi on porte l'œil ſur le papier blanc, on voit très-diſtinctement un quarré d'un vert tendre, tirant un peu ſur le bleu; cette apparence ſubſiſte plus ou moins long-temps, ſelon que l'impreſſion de la couleur rouge a été plus ou moins forte. La grandeur du quarré vert imaginaire, eſt la même que celle du quarré réel rouge, & ce vert ne s'évanouit qu'après que l'œil s'eſt raſſuré & s'eſt porté ſucceſſivement ſur pluſieurs autres objets dont les images détruiſent l'impreſſion trop forte cauſée par le rouge.

En regardant fixement & long-temps une tache jaune ſur un fond blanc, on voit naître autour de la tache une couronne d'un bleu pâle, & en ceſſant de regarder la tache jaune & portant ſon œil ſur un autre endroit du fond blanc, on voit diſtinctement une tache bleue de la même figure & de la même grandeur que la tache jaune, & cette apparence dure au moins auſſi long-temps que l'apparence du vert produit par le rouge. Il m'a même paru, après avoir fait moi-même, & après avoir fait répéter cette expérience à d'autres dont les yeux étoient meilleurs & plus forts que les miens, que cette impreſſion du jaune étoit plus forte que celle du rouge, & que la couleur bleue qu'elle produit s'effaçoit plus difficilement & ſubſiſtoit plus long-temps que la couleur verte produite par le rouge; ce qui ſemble prouver ce qu'a ſoupçonné Newton, que le jaune eſt de toutes les couleurs celle qui fatigue le plus nos yeux.

Si l'on regarde fixement & long-temps une tache verte ſur un fond blanc, on voit naître autour de la tache verte une couleur blanchâtre, qui eſt à peine colorée d'une petite teinte de pourpre; mais en ceſſant de regarder *la* tache verte & en portant l'œil ſur un autre endroit du fond blanc, on voit diſtinctement une tache d'un pourpre pâle, ſemblable à la couleur d'une améthiſte pâle; cette apparence eſt plus foible & ne dure pas, à beaucoup près, auſſi long-temps que les couleurs bleues & vertes produites par le jaune & par le rouge.

De même en regardant fixement & long-temps une tache bleue ſur un fond blanc, on voit naître autour de la tache bleue une couronne blanchâtre un peu teinte de rouge, & en ceſſant de regarder la tache bleue & portant l'œil ſur le fond blanc, on voit une tache d'un rouge pâle, toujours de la même figure & de la même grandeur que la tache bleue, & cette apparence ne dure pas plus long-temps que l'apparence pourpre produite par la tache verte.

En regardant de même avec attention une tache noire ſur un fond blanc, on voit naître autour de la tache noire une couronne d'un blanc vif, & ceſſant de regarder la tache noire & portant l'œil ſur un autre endroit du fond blanc, on voit la figure de la tache exactement deſſinée & d'un blanc beaucoup plus vif que celui du fond; ce blanc n'eſt pas mat, c'eſt un blanc brillant ſemblable au blanc du premier ordre des anneaux colorés *décrits par* Newton; & au contraire, ſi on regarde long-temps une

tache blanche ſur un fond noir, on voit la tache blanche ſe décolorer, & en portant l'œil ſur un autre endroit du fond noir, on y voit une tache d'un noir plus vif que celui du fond.

Voilà donc une ſuite de couleurs accidentelles qui a des rapports avec la ſuite des couleurs naturelles; le rouge naturel produit le vert accidentel, le jaune produit le bleu, le vert produit le pourpre, le bleu produit le rouge, le noir produit le blanc, & le blanc produit le noir. Ces couleurs accidentelles n'exiſtent que dans l'organe fatigué, puiſqu'un autre œil ne les aperçoit pas; elles ont même une apparence qui les diſtingue des couleurs naturelles, c'eſt qu'elles ſont tendres, brillantes, & qu'elles paroiſſent être à différentes diſtances, ſelon qu'on les rapporte à des objets voiſins ou éloignés.

Toutes ces expériences ont été faites ſur des couleurs mattes avec des morceaux de papier ou d'étoffes colorées, mais elles réuſſiſſent encore mieux lorſqu'on les fait ſur des couleurs brillantes, comme avec de l'or brillant & poli, au lieu de papier ou d'étoffe jaune; avec de l'argent brillant, au lieu de papier blanc; avec du lapis, au lieu de papier bleu, &c. l'impreſſion de ces couleurs brillantes eſt plus vive & dure beaucoup plus long-temps.

Tout le monde ſait qu'après avoir regardé le Soleil, on porte quelquefois pendant long temps l'image colorée de cet aſtre ſur tous les objets, la lumière trop vive du Soleil produit en un inſtant ce que la lumière ordinaire des corps ne produit qu'au bout d'une minute ou deux

d'application fixe de l'œil ſur les couleurs ; ces images colorées du Soleil que l'œil ébloui & trop fortement ébranlé porte par-tout, ſont des couleurs du même genre que celles que nous venons de décrire, & l'explication de leurs apparences dépend de la même théorie.

Je n'entreprendrai pas de donner ici les idées qui me ſont venues ſur ce ſujet ; quelqu'aſſuré que je ſois de mes expériences, je ne ſuis pas aſſez certain des conſéquences qu'on en doit tirer, pour oſer rien haſarder encore ſur la théorie de ces couleurs, & je me contenterai de rapporter d'autres obſervations qui confirment les expériences précédentes, & qui ſerviront ſans doute à éclairer cette matière.

En regardant fixement & fort long-temps un quarré d'un rouge vif ſur un fond blanc, on voit d'abord naître la petite couronne de vert tendre, dont j'ai parlé ; enſuite en continuant à regarder fixement le quarré rouge, on voit le milieu du quarré ſe décolorer, & les côtés ſe charger de couleur, & former comme un cadre d'un rouge plus fort & beaucoup plus foncé que le milieu ; enſuite en s'éloignant un peu & continuant à regarder toujours fixement, on voit le cadre de rouge foncé ſe partager en deux dans les quatre côtés, & former une croix d'un rouge auſſi foncé ; le quarré rouge paroît alors comme une fenêtre traverſée dans ſon milieu par une groſſe croiſée & quatre panneaux blancs, car le cadre de cette eſpèce de fenêtre eſt d'un rouge auſſi fort que la croiſée ; continuant toujours à regarder avec opiniâtreté,

cette

cette apparence change encore, & tout se réduit à un rectangle d'un rouge si foncé, si fort & si vif, qu'il offusque entièrement les yeux; ce rectangle est de la même hauteur que le quarré, mais il n'a pas la sixième partie de sa largeur: ce point est le dernier degré de fatigue que l'œil peut supporter; & lorsqu'enfin on détourne l'œil de cet objet, & qu'on le porte sur un autre endroit du fond blanc, on voit au lieu du quarré rouge réel, l'image du rectangle rouge imaginaire, exactement dessinée & d'une couleur verte brillante; cette impression subsiste fort long-temps, ne se décolore que peu-à-peu, elle reste dans l'œil même après l'avoir fermé. Ce que je viens de dire du quarré rouge, arrive aussi lorsqu'on regarde très-long-temps un quarré jaune ou noir, ou de toute autre couleur, on voit de même le cadre jaune ou noir, la croix & le rectangle; & l'impression qui reste, est un rectangle bleu, si on a regardé du jaune; un rectangle blanc brillant, si on a regardé un quarré noir, &c.

J'ai fait faire les expériences que je viens de rapporter à plusieurs personnes, elles ont vu comme moi les mêmes couleurs & les mêmes apparences. Un de mes amis m'a assuré à cette occasion, qu'ayant regardé un jour une éclipse de Soleil par un petit trou, il avoit porté pendant plus de trois semaines l'image colorée de cet astre sur tous les objets; que quand il fixoit ses yeux sur du jaune brillant, comme sur une bordure dorée, il voyoit une tache pourpre, & sur du bleu comme sur un toit d'ardoises, une tache verte. J'ai moi-même souvent regardé

le Soleil & j'ai vu les mêmes couleurs; mais comme je craignois de me faire mal aux yeux en regardant cet astre, j'ai mieux aimé continuer mes expériences sur des étoffes colorées, & j'ai trouvé qu'en effet ces couleurs accidentelles changent en se mêlant avec les couleurs naturelles, & qu'elles suivent les mêmes règles pour les apparences; car lorsque la couleur verte accidentelle, produite par le rouge naturel, tombe sur un fond rouge brillant, cette couleur verte devient jaune; si la couleur accidentelle bleue, produite par le jaune vif, tombe sur un fond jaune, elle devient verte; en sorte que les couleurs qui résultent du mélange de ces couleurs accidentelles avec les couleurs naturelles, suivent les mêmes règles & ont les mêmes apparences que les couleurs naturelles dans leur composition & dans leur mélange avec d'autres couleurs naturelles.

Ces observations pourront être de quelque utilité pour la connoissance des incommodités des yeux, qui viennent probablement d'un grand ébranlement causé par l'impression trop vive de la lumière; une de ces incommodités, est de voir toujours devant ses yeux des taches colorées, des cercles blancs ou des points noirs comme des mouches qui voltigent. J'ai ouï bien des personnes se plaindre de cette espèce d'incommodité, & j'ai lû dans quelques Auteurs de Médecine, que la goutte sereine est toujours précédée de ces points noirs. Je ne sais pas si leur sentiment est fondé sur l'expérience, car j'ai éprouvé moi-même cette incommodité, j'ai vu des

points noirs pendant plus de trois mois en si grande quantité que j'en étois fort inquiet; j'avois apparemment fatigué mes yeux en faisant & en répétant trop souvent les expériences précédentes, & en regardant quelquefois le Soleil, car les points noirs ont paru dans ce même temps, & je n'en avois jamais vu de ma vie; mais enfin ils m'incommodoient tellement, sur-tout lorsque je regardois au grand jour des objets fortement éclairés, que j'étois contraint de détourner les yeux; le jaune sur-tout m'étoit insupportable, & j'ai été obligé de changer des rideaux jaunes dans la chambre que j'habitois & d'en mettre de verts; j'ai évité de regarder toutes les couleurs trop fortes & tous les objets brillans, peu-à-peu le nombre des points noirs a diminué, & actuellement je n'en suis plus incommodé. Ce qui m'a convaincu que ces points noirs viennent de la trop forte impression de la lumière, c'est qu'après avoir regardé le Soleil, j'ai toujours vu une image colorée que je portois plus ou moins long-temps sur tous les objets, & suivant avec attention les différentes nuances de cette image colorée, j'ai reconnu qu'elle se décoloroit peu-à-peu, & qu'à la fin je ne portois plus sur les objets qu'une tache noire, d'abord assez grande, qui diminuoit ensuite peu-à-peu, & se réduisoit enfin à un point noir.

Je vais rapporter à cette occasion un fait qui est assez remarquable, c'est que je n'étois jamais plus incommodé de ces points noirs que quand le ciel étoit couvert de nuées blanches, ce jour me fatiguoit beaucoup plus que

la lumière d'un ciel ſerein, & cela parce qu'en effet la quantité de lumière réfléchie par un ciel couvert de nuées blanches, eſt beaucoup plus grande que la quantité de lumière réfléchie par l'air pur; & qu'à l'exception des objets éclairés immédiatement par les rayons du Soleil, tous les autres objets qui ſont dans l'ombre, ſont beaucoup moins éclairés que ceux qui le ſont par la lumière réfléchie d'un ciel couvert de nuées blanches.

Avant que de terminer ce Mémoire, je crois devoir encore annoncer un fait qui paroîtra peut-être extraordinaire, mais qui n'en eſt pas moins certain, & que je ſuis fort étonné qu'on n'ait pas obſervé; c'eſt que les ombres des corps qui par leur eſſence doivent être noires, puiſqu'elles ne ſont que la privation de la lumière, que les ombres, dis-je, ſont toujours colorées au lever & au coucher du Soleil; j'ai obſervé pendant l'été de l'année 1743, plus de trente aurores & autant de ſoleils couchans, toutes les ombres qui tomboient ſur du blanc, comme ſur une muraille blanche, étoient quelquefois vertes, mais le plus ſouvent bleues, & d'un bleu auſſi vif que le plus bel azur. J'ai fait voir ce phénomène à pluſieurs perſonnes qui ont été auſſi ſurpriſes que moi; la *ſaiſon* n'y fait rien, car il n'y a pas huit jours (15 novembre 1743) que j'ai vu des ombres bleues, & quiconque voudra ſe donner la peine de regarder l'ombre de l'un de ſes doigts au lever ou au coucher du Soleil ſur un morceau de papier blanc, verra comme moi cette ombre bleue. Je ne *ſache* pas qu'aucun Aſtronome, qu'aucun Phyſicien, que

perſonne, en un mot, ait parlé de ce phénomène, & j'ai cru qu'en faveur de la nouveauté on me permettroit de donner le précis de cette obſervation.

Au mois de juillet 1743, comme j'étois occupé de mes couleurs accidentelles, & que je cherchois à voir le Soleil, dont l'œil ſoutient mieux la lumière à ſon coucher qu'à toute autre heure du jour, pour reconnoître enſuite les couleurs & les changemens de couleurs cauſés par cette impreſſion, je remarquai que les ombres des arbres qui tomboient ſur une muraille blanche étoient vertes; j'étois dans un lieu élevé & le Soleil ſe couchoit dans une gorge de montagnes, en ſorte qu'il me paroiſſoit fort abaiſſé au-deſſous de mon horizon; le ciel étoit ſerein, à l'exception du couchant, qui, quoiqu'exempt de nuages, étoit chargé d'un rideau tranſparent de vapeurs d'un jaune rougeâtre, le Soleil lui-même étoit fort rouge, & ſa grandeur apparente au moins quadruple de ce qu'elle eſt à midi; je vis donc très-diſtinctement les ombres des arbres qui étoient à 20 & 30 pieds de la muraille blanche, colorés d'un vert tendre tirant un peu ſur le bleu; l'ombre d'un treillage qui étoit à 3 pieds de la muraille, étoit parfaitement deſſinée ſur cette muraille, comme ſi on l'avoit nouvellement peinte en vert-de-gris: cette apparence dura près de 5 minutes, après quoi la couleur s'affoiblit avec la lumière du Soleil, & ne diſparut entièrement qu'avec les ombres. Le lendemain, au lever du Soleil, j'allai regarder d'autres ombres ſur une muraille blanche, mais au lieu de les trouver vertes, comme je m'y attendois, je les trouvai bleues ou plutôt de la couleur

de l'indigo le plus vif; le ciel étoit ſerein, & il n'y avoit qu'un petit rideau de vapeurs jaunâtres au levant, le Soleil ſe levoit ſur une colline, en ſorte qu'il me paroiſſoit élevé au-deſſus de mon horizon, les ombres bleues ne durèrent que 3 minutes, après quoi elles me parurent noires; le même jour je revis au coucher du Soleil les ombres vertes, comme je les avois vues la veille. Six jours ſe paſsèrent enſuite ſans pouvoir obſerver les ombres au coucher du Soleil, parce qu'il étoit toujours couvert de nuages; le ſeptième jour je vis le Soleil à ſon coucher, les ombres n'étoient plus vertes, mais d'un beau bleu d'azur, je remarquai que les vapeurs n'étoient pas fort abondantes, & que le Soleil ayant avancé pendant ſept jours, ſe couchoit derrière un rocher qui le faiſoit diſparoître avant qu'il pût s'abaiſſer au-deſſous de mon horizon. Depuis ce temps j'ai très-ſouvent obſervé les ombres, ſoit au lever, ſoit au coucher du Soleil, & je ne les ai vues que bleues, quelquefois d'un bleu fort vif, d'autres fois d'un bleu pâle, d'un bleu foncé, mais conſtamment bleues.

Ce Mémoire a été imprimé dans ceux de l'Académie Royale des Sciences, *année 1743*. Voici ce que je crois devoir y ajouter aujourd'hui *(année 1773)*.

Des obſervations plus fréquentes m'ont fait reconnoître que les ombres ne paroiſſent jamais vertes au lever ou au coucher du Soleil, que quand l'horizon eſt chargé de beaucoup de vapeurs rouges; dans tout autre cas les ombres ſont toujours bleues, & d'autant plus bleues que le ciel eſt plus ſerein. Cette couleur bleue des ombres,

n'eſt autre choſe que la couleur même de l'air, & je ne ſais pourquoi quelques Phyſiciens ont défini l'air *un fluide inviſible (c), inodore, inſipide,* puiſqu'il eſt certain que l'azur céleſte n'eſt autre choſe que la couleur de l'air; qu'à la vérité il faut une grande épaiſſeur d'air, pour que notre œil s'aperçoive de la couleur de cet élément, mais que néanmoins lorſqu'on regarde de loin des objets ſombres, on les voit toujours plus ou moins bleus. Cette obſervation que les Phyſiciens n'avoient pas faite ſur les ombres & ſur les objets ſombres vus de loin, n'avoit pas échappé aux habiles Peintres, & elle doit en effet ſervir de baſe à la couleur des objets lointains, qui tous auront une nuance bleuâtre d'autant plus ſenſible qu'ils ſeront ſuppoſés plus éloignés du point de vue.

On pourra me demander comment cette couleur bleue qui n'eſt ſenſible à notre œil que quand il y a une très-grande épaiſſeur d'air, ſe marque néanmoins ſi fortement à quelques pieds de diſtance au lever & au coucher du Soleil! comment il eſt poſſible que cette couleur de l'air, qui eſt à peine ſenſible à dix mille toiſes de diſtance, puiſſe donner à l'ombre noire d'un treillage, qui n'eſt éloigné de la muraille blanche que de trois pieds, une couleur du plus beau bleu: c'eſt en effet de la ſolution de cette queſtion que dépend l'explication du phénomène. Il eſt certain que la petite épaiſſeur d'air qui n'eſt que de trois pieds entre le treillage & la muraille, ne peut pas

(c) Dictionnaire de Chimie, *article de l'Air.*

donner à la couleur noire de l'ombre une nuance aussi forte de bleu; si cela étoit, on verroit à midi & dans tous les autres temps du jour, les ombres bleues comme on les voit au lever & au coucher du Soleil. Ainsi cette apparence ne dépend pas uniquement, ni même presque point du tout de l'épaisseur de l'air entre l'objet & l'ombre. Mais il faut considérer qu'au lever & au coucher du Soleil, la lumière de cet astre étant affoiblie à la surface de la Terre, autant qu'elle peut l'être par la plus grande obliquité de cet astre, les ombres sont moins denses, c'est-à-dire, moins noires dans la même proportion, & qu'en même temps la Terre n'étant plus éclairée que par cette foible lumière du Soleil qui ne fait qu'en raser la superficie, la masse de l'air qui est plus élevée, & qui par conséquent reçoit encore la lumière du Soleil bien moins obliquement, nous renvoie cette lumière, & nous éclaire alors autant & peut-être plus que le Soleil. Or cet air pur & bleu ne peut nous éclairer qu'en nous renvoyant une grande quantité de rayons de sa même couleur bleue, & lorsque ces rayons bleus que l'air réfléchit, tomberont sur des objets privés de toute autre couleur comme les ombres, ils les teindront d'une plus ou moins forte nuance de bleu, selon qu'il y aura moins de lumière directe du Soleil, & plus de lumière réfléchie de l'atmosphère. Je pourrois ajouter plusieurs autres choses qui viendroient à l'appui de cette explication, mais je pense que ce que je viens de dire, est suffisant pour que les bons esprits l'entendent & en soient satisfaits.

Je crois

Je crois devoir citer ici quelques faits observés par M. l'Abbé Millot, ancien grand Vicaire de Lyon, qui a eu la bonté de me les communiquer par ses lettres des 18 août 1754 & 10 février 1755, dont voici l'extrait. « Ce n'est pas seulement au lever & au coucher du Soleil, que « les ombres se colorent. A midi, le ciel étant couvert de « nuages, excepté en quelques endroits, vis-à-vis d'une de « ces ouvertures que laissoient entr'eux les nuages, j'ai fait « tomber des ombres d'un fort beau bleu sur du papier blanc, « à quelques pas d'une fenêtre. Les nuages s'étant joints, le « bleu disparut. J'ajouterai en passant, que plus d'une fois « j'ai vu l'azur du ciel se peindre, comme dans un miroir, « sur une muraille où la lumière tomboit obliquement. Mais « voici d'autres observations plus importantes à mon avis; « avant que d'en faire le détail, je suis obligé de tracer la « topographie de ma chambre: elle est à un troisième étage; « la fenêtre près d'un angle au couchant, la porte presque « vis-à-vis. Cette porte donne dans une galerie, au bout « de laquelle, à deux pas de distance, est une fenêtre située « au midi. Les jours des deux fenêtres se réunissent, la « porte étant ouverte contre une des murailles; & c'est-là que « j'ai vu des ombres colorées presque à toute heure, mais « principalement sur les dix heures du matin. Les rayons du « Soleil que la fenêtre de la galerie reçoit encore oblique- « ment, ne tombent point par celle de la chambre, sur la « muraille dont je viens de parler. Je place à quelques pouces « de cette muraille des chaises de bois à dossier percé. Les « ombres en sont alors de couleurs quelquefois très-vives. «

» J'en ai vu qui, quoique projetées du même côté, étoient » l'une d'un vert foncé, l'autre d'un bel azur. Quand la » lumière est tellement ménagée, que les ombres soient » également sensibles de part & d'autre, celle qui est op- » posée à la fenêtre de la chambre est ou bleue ou violette ; » l'autre tantôt verte, tantôt jaunâtre. Celle-ci est accom- » pagnée d'une espèce de pénombre bien colorée, qui » forme comme une double bordure bleue d'un côté, & » de l'autre verte ou rouge ou jaune, selon *l'intensité* de » la lumière. Que je ferme les volets de ma fenêtre, les » couleurs de cette pénombre n'en ont souvent que plus » d'éclat ; elles disparoissent si je ferme la porte à moitié. Je » dois ajouter que le phénomène n'est pas à beaucoup près » si sensible en hiver. Ma fenêtre est au couchant d'été, je » fis mes premières expériences dans cette saison, dans un » temps où les rayons du Soleil tomboient obliquement » sur la muraille qui fait angle avec celle où les ombres se coloroient. »

On voit par ces observations de M. l'Abbé Millot, qu'il suffit que la lumière du Soleil tombe très-obliquement sur une surface, pour que l'azur du ciel, dont la lumière tombe toujours directement, s'y peigne & colore les ombres. Mais les autres apparences dont il fait mention, ne dépendent que de la position des lieux & d'autres circonstances accessoires.

FIN du Tome premier.

TABLE

Des Matières contenues dans ce Volume.

A

ABSOLU. Il n'y a rien d'abſolu dans la Nature, rien de parfait, rien d'abſolument grand, rien d'abſolument petit, rien d'entièrement nul, rien de vraiment infini, *page* 16.

ACIDES (les) viennent en grande partie de la décompoſition des ſubſtances minérales ou végétales, preuve de cette aſſertion, 49. Ils ne doivent leur liquidité qu'à la quantité d'air & de feu qu'ils contiennent, 112. Contiennent toujours une certaine quantité d'alkali, 113.

ACIDES & ALKALIS. Il y a plus de terre & moins d'eau dans les alkalis, & plus d'eau & moins de terre dans les acides, 111.

ACIDES *nitreux* (les) contiennent une grande quantité d'air & de feu fixes, 49.

AFFINITÉS. Le degré d'affinité de l'air avec l'eau, dépend en grande partie de celui de ſa température, ce degré dans ſon état de liquidité eſt à peu-près le même que celui de la chaleur générale à la ſurface de la terre, 99. Les degrés d'affinité dépendent abſolument de la figure des parties intégrantes des corps, 114.

AFFINITÉS *chimiques* (les) n'ont point d'autres principes que celui de l'attraction univerſelle commune à toute la matière. — Cette grande loi toujours conſtante, toujours la même, ne paroît varier que par ſon expreſſion qui ne peut être la même dès que la figure des corps entre comme élément dans leur diſtance, 75 *& ſuiv.*

AIR (l') eſt le premier aliment du feu, aliment néceſſaire, ſans lequel le feu ne peut ſubſiſter. — Un petit point de feu, tel que celui d'une bougie allumée, abſorbe une grande quantité d'air, & la bougie s'éteint au moment que la quantité ou la qualité de cet aliment lui manque, 38. L'air eſt le plus fluide de toutes les matières connues, à l'exception du feu qui eſt la cauſe de toute fluidité, & qu'on doit

regarder comme plus fluide que l'air. — Inductions tirées de la grande fluidité de l'air, 39 *& suiv.* L'air est de toutes les matières connues, celle que la chaleur met le plus aisément en mouvement expansif. — Il est tout près de la nature du feu. — Pourquoi il augmente si fort l'activité du feu, & pourquoi il est nécessaire à sa subsistance, 40. Manière dont le feu détruit le ressort de l'air. — Explication de la façon dont l'air élastique devient fixe. — L'air étant raréfié par la chaleur, peut occuper un espace treize fois plus grand que celui de son volume ordinaire, 45. L'air paroît être de toutes les matières, celle qui peut exister le plus, indépendamment du feu. — Il lui faut infiniment moins de chaleur qu'à toute autre matière pour entretenir sa fluidité. — Les plus grands froids & les plus fortes condensations, ne peuvent détruire son ressort, la chaleur seule en le raréfiant est capable de cet effet, 79. Dans quelles circonstances l'air peut reprendre son élasticité. — Comment il la perd & la recouvre. — Comment il devient une substance fixe, & s'incorpore avec les autres corps, 80. Manière dont il contribue à la chaleur animale, 84. Explication de la manière dont l'air que les animaux respirent, contribue à l'entretien de la chaleur animale. — Comment il passe dans le sang des animaux, 87 *& suiv.* Il fait partie très-sensible de la nourriture des végétaux & se fixe dans leur intérieur, 91. L'air contenu dans l'eau est dans un état moyen entre la fixité & l'élasticité, 97. Il se sépare plus aisément de l'eau que de toute autre matière, 98. Explication de la manière dont le froid & le chaud dégagent également l'air contenu dans l'eau, 99. Il y a beaucoup moins d'air dans l'eau, que d'eau dans l'air. — Il s'imbibe très-aisément de l'eau, & paroît aussi la rendre aisément, 100 *&* 101.

AIR FIXE. Sa différence avec l'air disséminé dans les corps, 45 *& suiv.* Il faut une assez longue résidence de l'air devenu fixe dans les substances terrestres pour qu'il s'établisse à demeure sous cette nouvelle forme. Mais il n'est pas nécessaire que le feu soit violent pour faire perdre à l'air son élasticité ; le plus petit feu & même une chaleur très-médiocre suffit, pourvu qu'elle soit appliquée long-temps sur une petite quantité d'air, 81. L'air fixe existe en grande quantité

dans toutes les ſubſtances animales ou végétales, & dans un grand nombre de matières brutes, 92.

ALKALI (l') eſt produit par le feu; expérience qui le démontre, 112. Le feu eſt le principe de la formation de l'alkali minéral & les autres alkalis doivent également leur formation à la chaleur conſtante de l'animal & du végétal dont on les tire, 113.

ANIMAUX. La chaleur dans les différens genres d'animaux n'eſt pas égale, les oiſeaux ſont les plus chauds de tous, les quadrupèdes enſuite, l'homme après les quadrupèdes, les cétacées après l'homme, les reptiles beaucoup après, & enfin les poiſſons, les inſectes & les coquillages ſont de tous les animaux ceux qui ont le moins de chaleur, 81. Les animaux qui ont des poumons & qui par conſéquent reſpirent l'air ont toujours plus de chaleur que ceux qui en ſont privés; & plus la ſurface des poumons eſt étendue, plus auſſi leur ſang devient chaud. — Les oiſeaux ont, relativement au volume de leur corps, les poumons conſidérablement plus étendus que l'homme ou les quadrupèdes, & c'eſt par cette raiſon qu'ils ont plus de chaleur; ceux qui les ont moins étendus ont auſſi beaucoup moins de chaleur, & elle dépend en général de la force & de l'étendue des poumons, 84 *& ſuiv.* — Les animaux fixent & transforment l'air, l'eau & le feu en plus grande quantité que les végétaux. — Les fonctions des corps organiſés, ſont l'un des plus puiſſans moyens que la Nature emploie pour la converſion des élémens, 109.

ANIMAUX *à coquilles.* Les animaux à coquilles ou à tranſudation pierreuſe, ſont plus nombreux dans la mer que les inſectes ne le ſont ſur la terre, 105.

ANTIMOINE. Différence de fuſibilité entre le régule d'antimoine ou antimoine naïf, & l'antimoine qui a déjà été fondu, 294.

ARBRES. La chaleur de l'atmoſphère en été eſt plus grande que la chaleur propre de l'arbre, mais en hiver cette chaleur propre de l'arbre eſt plus grande que celle de l'atmoſphère, 82 *&* 83. Cauſes de la chaleur intérieure des arbres & des autres végétaux, 83.

B

BALANCE *hydroſtatique.* On ne peut rien conclure de poſitif des expériences faites à la balance hydroſtatique ſur des volumes trop petits, 310.

BOULETS *de Canon.* C'eſt une très-mauvaiſe pratique que de faire chauffer à blanc & pluſieurs fois les boulets de canon pour en diminuer le volume; ils deviennent par cette opération réitérée très-légers & caſſans, 342.

BURE. C'eſt ainſi qu'on appelle la partie ſupérieure du fourneau à fondre les mines de fer, qui s'élève au-deſſus de ſon terre-plein, 372.

C

CALCAIRE. Les matières calcaires ſe réduiroient en verre comme toutes les autres matières terreſtres par l'augmentation du feu, ſoit des fourneaux, ſoit des miroirs ardens, 64.

CALCINATION. Par la ſimple calcination l'on augmente le poids du plomb de près d'un quart, & l'on diminue celui du marbre de près de moitié; il y a donc un quart de matière inconnue que le feu donne au premier, & une moitié d'autre matière également inconnue qu'il enlève au ſecond; & lorſqu'après cette calcination l'on travaille ſur ces matières calcinées, il eſt évident que ce n'eſt plus ſur le plomb ou ſur le marbre que l'on travaille, mais ſur des matières dénaturées ou compoſées par l'action du feu, 56. La calcination eſt pour les corps fixes & incombuſtibles, ce qu'eſt la combuſtion pour les matières volatiles & inflammables. — Elle a beſoin, comme la combuſtion, du ſecours de l'air. — Comparaiſon de la calcination & de la combuſtion, 70 *& ſuiv.* Toute calcination eſt toujours accompagnée d'un peu de combuſtion, & de même toute combuſtion eſt toujours accompagnée d'un peu de calcination, 72. Explication de la manière dont certaines matières augmentent de peſanteur par l'effet de la calcination, 73. Calcination produite par la chaleur obſcure dans la pierre calcaire juſqu'à 2 pieds & 2 pieds ½ de profondeur, 386. La calcination eſt plus grande par la chaleur obſcure & concentrée que par le feu libre & lumineux. — Moyen de faire à peu de frais la calcination du plâtre & des pierres, 456.

CALCUL. On peut tout repréſenter avec le calcul, mais on ne réaliſe rien, 135.

CANONS *de fuſil.* La ſoudure eſt l'opération la plus importante dans la fabrication des canons de fuſil, & celle qui eſt en même temps la plus difficile. — Précautions qu'il faudroit prendre pour la faire réuſſir, 364.

CHALEUR (la) paroît tenir encore de plus près que la lumière à l'essence du feu, & on doit regarder la chaleur comme une chose différente de la lumière & du feu, 20. Elle existe aussi très-souvent sans lumière, *ibid.* On a fait moins de découvertes sur la nature de la chaleur que sur celle de la lumière, 21. Siége de la chaleur différent de celui de la lumière, *ibid.* Le globe de la Terre & en général toutes les matières fluides & solides dont il est composé ou environné, ont toutes une chaleur propre très-grande & plus grande que la chaleur qui nous vient du Soleil, 21 *& suiv.* Toute la matière connue est chaude, & dès-lors la chaleur est une affection bien plus générale que celle de la lumière, 22. Les molécules de la chaleur sont bien plus grosses que celles de la lumière, 22. Son mouvement progressif est bien plus lent que celui de la lumière. — Le principe de la chaleur est l'attrition des corps, *ibid.* Sa production & celle de la lumière; leur différence, 23. Elle diminue dans sa propagation beaucoup plus que la lumière, 28. L'on doit reconnoître deux sortes de chaleurs; l'une lumineuse, dont le Soleil est le foyer immense, & l'autre obscure, dont le grand réservoir est le globe terrestre, 32. La chaleur qui émane du globe de la Terre est bien plus considérable que celle qui nous vient du Soleil. — Elle est dans le climat de Paris vingt-neuf fois plus grande en été, & quatre cents quatre-vingt-dix fois plus grande en hiver que celle qui nous vient de cet astre, & cette estimation est encore trop foible, 33 *&* 34. Effets de la chaleur du globe terrestre sur les matières minérales, 36. La chaleur intérieure du globe a été originairement bien plus grande qu'elle ne l'est aujourd'hui; on doit lui rapporter, comme à la cause première toutes les sublimations, précipitations, agrégations, séparations, en un mot, tous les mouvemens qui se sont faits & se font chaque jour dans l'intérieur du globe, 36. La chaleur seule & dénuée de toute apparence de lumière & de feu peut produire les mêmes effets que le feu le plus violent, 37. Elle chasse des corps toutes les parties humides, elle dilate les corps en les séchant & en augmente la dureté; exemple de cette dureté acquise par la chaleur dans les pierres calcaires. — Elle augmente la pesanteur spécifique de plusieurs matières, & se fixe

dans leur intérieur lorſqu'elle leur eſt long-temps appliquée, 69. Les degrés de chaleur ſont différens dans les différens genres d'animaux, 81. La chaleur propre du globe terreſtre entre comme élément dans la combinaiſon de tous les autres élémens, 95. Progreſſion de la chaleur, tant pour l'entrée que pour la ſortie dans des boulets de fer de différens diamètres, déterminée par des expériences préciſes, 145 *& ſuiv.* La durée de la chaleur dans les globes, n'eſt rigoureuſement proportionnelle à leur diamètre, que dans la ſuppoſition mathématique que ces globes ſoient compoſés d'une matière parfaitement perméable à la chaleur; en ſorte que la ſortie de la chaleur fût abſolument libre, & que les particules ignées ne trouvaſſent aucun obſtacle qui pût les arrêter ni changer le cours de leur direction. — Mais les obſtacles qui réſultent de la perméabilité non abſolue, imparfaite & inégale de toute matière ſolide, au lieu de diminuer le temps de la durée de la chaleur, doivent au contraire l'augmenter, 153. La durée de la chaleur dans différentes matières expoſées au même feu pendant un temps égal, eſt toujours dans la même proportion, ſoit que le degré de chaleur ſoit plus grand ou plus petit; exemples, 168. Ce n'eſt pas proportionnellement à leur denſité que les corps reçoivent & perdent plus ou moins vîte la chaleur, mais dans un rapport bien différent & qui eſt en raiſon inverſe de leur ſolidité, c'eſt-à-dire, de leur plus ou moins grande non-fuſibilité : démonſtration de cette vérité par l'expérience, 169 *& ſuiv.* La denſité n'eſt pas relative à l'échelle du progrès de la chaleur dans les corps ſolides, ni dans les fluides, 171 *&* 172. Ordre dans lequel les matières minérales reçoivent & perdent la chaleur à commencer par le fer, qui de toutes les matières eſt celle à laquelle il faut le plus de temps pour s'échauffer & ſe refroidir.

Fer.	Plomb.
Eméril.	Étain.
Cuivre.	Pierre calcaire tendre.
Or.	Glaiſe.
Argent.	Biſmuth.
Zinc.	Porcelaine.
Marbre blanc.	Antimoine.
Marbre commun.	Ocre.
Pierre calcaire dure.	Craie.
Grès.	Gyps.
Verre.	Bois,

279 *& ſuivantes.* Le progrès de la chaleur dans les métaux, demi-

métaux & minéraux métalliques, eſt en même raiſon, ou du moins en raiſon très-voiſine de celle de leur fuſibilité, 295. Le progrès de la chaleur dans toutes les ſubſtances minérales eſt toujours à très-peu près en raiſon de leur plus ou moins grande facilité à ſe calciner ou à ſe fondre, mais quand leur calcination ou leur fuſion ſont également difficiles, & qu'elles exigent un degré de chaleur extrême, alors le progrès de la chaleur ſe fait ſuivant l'ordre de leur denſité, 299. Lorſque la chaleur eſt appliquée long-temps, elle ſe fixe dans les pierres & autres matières ſolides, & en augmente la peſanteur ſpécifique, 389 *& ſuiv.* Eſtimation de la quantité de chaleur qui ſe fixe dans les pierres calcaires, 392.

CHALEUR *animale* (la) eſt une eſpèce de feu qui ne diffère du feu commun que du moins au plus.—Raiſon pourquoi ce feu ou cette chaleur animale ſont ſans flamme & ſans fumée apparente, 87 *& ſuiv.*

CHALEUR *concentrée.* La plus violente chaleur, & la plus concentrée pendant un très-long-temps, ne peut ſans le ſecours & le renouvellement de l'air, fondre la mine de fer ni même le ſable vitreſcible, tandis qu'une chaleur de même eſpèce & beaucoup moindre peut calciner toutes les matières calcaires, 382. La chaleur la plus violente dès qu'elle n'eſt pas nourrie, produit moins d'effet que la plus petite chaleur qui trouve de l'aliment, 384. Chaleur morte & feu vivant, leur différence, *ibid.*

CHALEUR *obſcure*, c'eſt-à-dire, chaleur privée de lumière, de flamme & de feu libre; ſes effets, 369 *& ſuiv.* Petite quantité d'alimens qu'elle conſume, en comparaiſon de la très-grande quantité d'alimens que conſume le feu libre.—Comparaiſon des effets de la chaleur obſcure avec les effets du feu lumineux, 377 *& ſuiv.* En augmentant la maſſe de la chaleur obſcure, on peut produire de la lumière, de la même manière qu'en augmentant la maſſe de la lumière on produit de la chaleur, 385.

CHARBON. Il ne ſe dégage que peu ou point d'air du charbon dans ſa combuſtion, quoiqu'il s'en dégage plus d'un tiers du poids total du bois de chêne bien ſéché, 376. Expérience ſur la diminution de ſon volume & de ſa maſſe dans un grand fourneau clos, où l'air n'a point d'accès, 381.

CHAUFFER *& refroidir.* Il faut environ la ſixième partie & demie du temps pour chauffer à blanc

les globes de fer, de ce qu'il en faut pour les refroidir au point de pouvoir les tenir dans la main, & environ la quinzième partie & demie du temps qu'il faut pour les refroidir au point de la température actuelle, 159.

CHAUX (la) faite avec des coquilles, est plus foible que la chaux faite avec du marbre ou de la pierre dure. —Explication des différens phénomènes que présente la calcination de la chaux, 106 *&* 107. La chaux qui a subi une longue calcination, contient une plus grande partie d'alkali, 112. Moyen facile de faire de la chaux à moindres frais, 386. Différence de la chaux faite à un feu lent, ou simplement avec la chaleur obscure, & de la chaux faite à la manière ordinaire, 387.

CHIMIE. Défauts de sa théorie, 55. D'où provient l'obscurité de cette science, 75 *& suiv.*

COMBUSTIBLES. Les matières combustibles ne se consument pas dans des vaisseaux bien clos, quoiqu'exposées à l'action du plus grand feu, 38. On peut mesurer la célérité ou la lenteur avec laquelle le feu consume les matières combustibles, par la quantité plus ou moins grande de l'air qu'on lui fournit, 41. Matières combustibles qui paroissent n'avoir pas besoin d'air pour se consumer, 42. Explication de la manière dont se fait la combustion de ces matières, *ibid.* Différences des matières combustibles & non combustibles, *ibid.* Rapport des matières combustibles avec le feu, 43 *& suiv.* Différence essentielle entre les matières volatiles & les matières fixes, & entre les substances plus ou moins combustibles, 44. Toutes les matières combustibles viennent originairement des animaux ou des végétaux; preuve de cette assertion, 46 *& suiv.*

COMBUSTION. Explication de la manière dont s'opère la combustion, 41 *& suiv.* Ce qu'elle suppose de plus que la volatilisation, 43. Ses effets comparés à ceux de la calcination, 71. La combustion & la calcination sont des effets du même ordre, *ibid.*

COMÈTES. Correction à faire à l'estime que Newton a faite de la chaleur que le Soleil a communiquée à la comète de 1680, *page* 160. Cette comète n'a pu recevoir le degré de chaleur assigné par Newton, il auroit fallu pour cela qu'elle eût séjourné pendant un très-long temps dans le point de son périhélie, 162. Explication de l'origine de ce que l'on appelle les queues des comètes,

165. Lorsque les comètes approchent du Soleil, elles ne reçoivent pas une chaleur immense, ni très-long-temps durable; leur séjour est si court dans le voisinage de cet astre, que leur masse n'a pas le temps de s'échauffer, & il n'y a guère que la partie de la surface exposée au Soleil qui soit brûlée par cet instant de grande chaleur, *ibid.*

CONGÉLATION (la) paroît présenter d'une manière inverse les mêmes phénomènes que l'inflammation, 103.

COQUILLAGES, (les) ont produit toute la matière calcaire qui existe sur le globe terrestre, 104 & 105.

COQUILLES. Accroissement & multiplication des coquilles, 105.

CORPS. Un corps dur & absolument inflexible, seroit nécessairement immobile, c'est-à-dire, incapable de recevoir ou de communiquer le mouvement, 2. Les corps s'échauffent ou se refroidissent d'autant plus vîte qu'ils sont plus fluides & d'autant plus lentement qu'ils sont plus solides, 171.

COUCHES *de la terre.* Les couches voisines de la surface du globe sont les seules qui étant exposées à l'action des causes extérieures, ont subi toutes les modifications que ces causes réunies à celle de la chaleur intérieure auront pu produire par leur action combinée, c'est-à-dire, toutes les formes des substances minérales, 37.

COULEURS *en général.* Moyens de les produire, 517. Chaque couleur différente a un degré différent de réfrangibilité. —Pourquoi les dénominations de toutes les couleurs doivent être réduites à sept, ni plus ni moins, 518 *& suiv.* Le rapport entre les sept espaces qui contiennent les couleurs primitives & les sept intervalles des sept tons de la Musique, n'est qu'une proportion de hasard dont on ne doit tirer aucune conséquence, 520. Elles sont produites par la réflexion de la lumière, aussi-bien que par la réfraction, 525 *& suiv.*

COULEURS, (les) odeurs, saveurs, proviennent toutes de l'élément du feu; preuves de cette assertion, 112.

COULEURS *accidentelles.* Découverte des couleurs accidentelles, 515 *& suiv.* Rapports & différence des couleurs naturelles & accidentelles, 528 *& suiv.* Moyens de les produire, & exposition des phénomènes qu'elles présentent, 528. Expériences sur les couleurs accidentelles faites sur des couleurs naturelles mattes, & sur des couleurs naturelles brillantes, 531. Les taches

que l'œil porte sur tous les objets après avoir regardé le Soleil, sont des phénomènes du même genre que ceux des couleurs accidentelles. — Il en est de même des flammes & des points noirs que l'on voit lorsque l'organe de l'œil est trop fatigué, 531 *& suiv.* Autres expériences sur les couleurs accidentelles, *ibid. & suiv.*

CRISTALLISATION. Explication générale des phénomènes de la cristallisation, 118 *& suiv.* Elle peut se faire par l'intermède du feu aussi-bien que par celui de l'eau & quelquefois par le concours des deux, *ibid.*

CUIVRE (le) s'échauffe & se refroidit en moins de temps que le fer & plus lentement que le plomb, 175.

CUVE. C'est ainsi qu'on appelle l'endroit de la plus grande capacité des grands fourneaux où l'on fond les mines de fer; cet endroit se trouve ordinairement à un quart ou à un tiers de la hauteur du fourneau prise depuis le bas, c'est-à-dire, à deux tiers ou à trois quarts depuis le dessus du fourneau, 369.

D

DÉCHET (le) du fer en gueuse est ordinairement d'un tiers, & souvent de plus d'un tiers si l'on veut obtenir du fer d'excellente qualité, & le déchet du fer fait avec de vieilles ferrailles n'est pas de moitié, c'est-à-dire, d'un sixième, 354 *&* 355.

DÉCOMPOSITION *du fer.* Deux manières différentes dont s'opère la décomposition du fer, leur comparaison, 366 *&* 367.

DENSITÉ. Explication & développement de l'idée qu'on doit se former des causes de la densité, 291. Matière dense; on peut démontrer que la matière la plus dense contient encore plus de vuide que de plein, *ibid.*

DÉVELOPPEMENT. Explication du développement & de la nutrition des animaux & des végétaux, 109 *&* 110.

DIAMANT. C'est mal-à-propos qu'on a donné le diamant pour la terre pure & élémentaire, 120.

DILATATION (la) par la chaleur, est générale dans tous les corps. — La dilatation est le premier degré pour arriver à la fusion, 43.

DISSOLUTION. Toutes les explications que l'on donne de la dissolution, ne peuvent se soutenir, si l'on n'admet pas deux forces opposées, l'une attractive & l'autre expansive, & par conséquent la présence des élémens de l'air & du feu, qui sont seuls doués de cette seconde force, 114.

Explication générale de la manière dont s'opère la dissolution, 114.

DUCTILITÉ (la) des métaux paroît avoir autant de rapport à la densité qu'à la fusibilité, & cette qualité semble être en raison composée des deux autres, 292. Difficulté de prononcer affirmativement sur le plus ou moins de ductilité des substances minérales, *ibid. & suiv.*

DURÉE (la) de la chaleur n'est pas en raison plus petite, mais plutôt en raison plus grande que celle des diamètres ou des épaisseurs des corps, 156.

E

EAU (l') a comme toutes les autres matières du globe, un grand degré de chaleur qui lui appartient en propre, & qui est indépendante de celle du Soleil, 36. Elle est aussi chaude à 100 & 200 brasses de profondeur dans la mer qu'elle l'est à la surface, *ibid.* Il suffit de faire chauffer de l'eau ou de la faire geler, pour que l'air qu'elle contient reprenne son élasticité & s'élève en bulles sensibles à sa surface, 98. L'eau, soit gelée, soit bouillie, reprend l'air qu'elle avoit perdu dès qu'elle se liquéfie ou qu'elle se refroidit, 99. Étant prise en masse est incompressible, & néanmoins très-élastique, dès qu'elle est en petites parties, *ibid.* Elle peut se changer en air lorsqu'elle est assez raréfiée pour s'élever en vapeurs, 100. Sa transformation en matière solide par le filtre animal, 104. Elle s'unit de préférence avec l'air & ensuite avec les sels, & c'est par leur moyen qu'elle entre dans la composition des minéraux, 110. La durée de la chaleur dans l'eau, est plus exactement proportionnelle à son épaisseur que dans les corps solides; raison de cet effet, 157.

ÉCROUISSEMENT. Considération de l'écrouissement des métaux; le fer s'écrouit comme tous les autres, 292.

EFFERVESCENCE. Le degré de division de la matière dans les effervescences est fort au-dessus de celui de la division de la matière dans les cristallisations, 119.

EFFET *général.* Pourquoi on ne peut pas en donner la cause; les effets généraux de la Nature doivent être pris pour les vraies causes, 6.

ÉLÉMENS. Tous les élémens sont convertibles; le feu, l'air, l'eau & la terre peuvent chacun devenir successivement chaque autre; preuve de cette assertion, 17 *& suiv.* La terre, l'eau, l'air & le feu, entrent tous quatre dans tous les corps de la Nature, mais en proportion très-

différente, 44. Dans l'ordre de la conversion des élémens, l'eau est pour l'air ce que l'air est pour le feu, & toutes les transformations de la Nature, dépendent de celles-ci. —L'eau raréfiée par la chaleur, se transforme en une espèce d'air capable d'alimenter le feu comme l'air ordinaire, & le feu se convertit ultérieurement avec l'air en matière fixe dans les substances terrestres qu'il pénètre par sa chaleur ou par sa lumière, 102. Grandes bases sur lesquelles sont fondés les quatre élémens, la terre, l'eau, l'air & le feu, 120.

ÉMÉRIL (l') quoiqu'une fois moins dense que le bismuth, conserve sa chaleur une fois plus long-temps, 293.

ÉTAIN (l') exige pour se fondre plus du double de chaleur de ce qu'il en faut pour fondre le soufre, 176. L'étain est de tous les métaux celui qui se dilate le plus promptement, & qui se fond aussi le plus vîte, 291.

ÉTAMAGE (l') fait avec de l'or & du mercure, pourroit réfléchir plus puissamment la lumière que l'étamage ordinaire, 451.

ÉVAPORATION. Une masse d'eau d'un pied d'épaisseur, ne s'évaporera pas aussi vîte que la même masse réduite à six pouces d'épaisseur, & augmentée du double en superficie. Ainsi pour accélérer l'évaporation, il faut diminuer, autant qu'il est possible, l'épaisseur du liquide, 454.

EXPÉRIENCES. Précision rigoureuse, presque impossible dans certaines expériences, 288. Expériences en grand, pour reconnoître la force du fer de différentes qualités, 343 *& suiv.*

F

FER. A chaque fois que l'on chauffe le fer, il perd une partie de son poids, 150. Proportion de cette perte trouvée par les expériences, *ibid. & suivantes*. Cette perte va en augmentant à mesure que les boulets de fer sont plus gros; raisons de cet effet, 152. Le fer qui de tous les métaux est celui qui se fond le plus difficilement, est aussi celui qui se dilate le plus lentement, 291. Le fer entièrement & intimément rouillé n'est plus attirable par l'aimant, 305. Il perd non-seulement de sa densité à chaque fois qu'on le chauffe, mais il perd aussi de sa solidité, c'est-à-dire, de la cohérence de ses parties, il devient à chaque chaude plus léger & plus cassant, 341. Comment il faut traiter le fer pour lui conserver sa masse & sa solidité, 342. Le bon

fer, c'est-à-dire, le fer qui est presque tout nerf, est cinq fois aussi tenace & aussi fort que le fer sans nerf & à gros grains; preuve par l'expérience, 346. Sa qualité ne dépend pas en entier, à beaucoup près, de celle de la mine; la nature des mines n'y fait rien, c'est la manière de les traiter qui fait tout, 347. Moyens d'arriver au point de donner au fer toute sa perfection, *ibid.* Le fer chauffé trop souvent dégénère en mâchefer, *ibid.* Il est, comme le bois une matière combustible à laquelle il ne faut qu'un plus grand feu pour brûler, 349. Comment on procure au fer de la consistance & de la tenacité, 350. Plus on presse le feu dans la fabrication du fer à l'affinerie, & plus il devient aigre & mauvais, 351. Le fer en bandes plattes est toujours plus nerveux que le fer en barreaux, 352. D'où provient le nerf du fer, & la différence de sa force & de sa cohérence; effets de la malléation, 352. Une des plus mauvaises pratiques, dans la fabrication du fer, est de tremper dans l'eau, sur-tout dans l'eau froide, les barres de fer encore rouges au sortir de dessous le marteau; cette trempe perd le nerf & gâte le grain du meilleur fer, 353. Les écailles ou exfoliations qui se détachent de la surface du fer, donnent de très-bons fers, 356. Indices par lesquels on doit juger les différentes qualités du fer, 358. Les fers sans nerfs & à très-gros grains devroient être proscrits, 359. Le feu du charbon de bois, & à plus forte raison celui du charbon de terre donnent de l'aigre au fer, ce que ne fait pas le feu de bois qui pourroit l'améliorer & le rendre moins aigre, 361. Le fer s'aimante par la percussion, & aussi par la tortion sans percussion lorsqu'on le plie plusieurs fois de suite en différens sens, 364. Il se soude avec lui-même; précautions nécessaires au succès de cette opération, 364 *&* 365. Il se décompose par l'humidité comme par le feu, 366. Se conserve sans altération dans l'eau beaucoup plus long-temps qu'à l'air, *ibid.* Énumération des principaux usages auxquels on emploie le fer, & proportion de la qualité qu'on doit lui donner pour chacun de ces usages, 358 *& suiv.*

FERS *de charrue*, (les) doivent être fabriqués avec du fer de la meilleure qualité, & si cela étoit on pourroit se passer de les armer d'acier, ainsi que les pioches & autres instrumens nécessaires à la culture des terres, 362 *& suiv.*

Fers *de tirerie.* Comment doivent être fabriqués les fers de tirerie pour faire le fil-de-fer, 352 *& suiv.*

Fer *de vieilles ferrailles.* Manière de travailler & de fabriquer ce fer, 354. C'est un fer de très-bonne qualité, *ibid.*

Feu. Moyens généraux & particuliers de produire le feu, 8. Origine & production du feu, de la chaleur & de la lumière, 10. Le feu, la chaleur & la lumière peuvent être regardés comme trois choses différentes; examen de leurs propriétés différentes & de leurs propriétés communes, 18 *& suiv.* Il existe quelquefois sans lumière, mais n'existe jamais sans chaleur, 19. A besoin d'alimens pour subsister, & son premier aliment est l'air, 37 *& suiv.* La différence la plus générale entre le feu, la chaleur & la lumière paroît consister dans la quantité & peut-être dans la qualité de leurs alimens. — L'air est le premier aliment du feu, les matières combustibles ne sont que le second, 38. La chaleur propre du globe terrestre doit être regardée comme notre vrai feu élémentaire, 46. L'action du feu sur les différentes substances, dépend beaucoup de la manière dont on l'applique; le produit de son action sur une même substance, paroîtra différent selon la façon dont il est administré. — Le feu doit être considéré en trois états différens, le premier relatif à sa vîtesse, le second à son volume & le troisième à sa masse, 51. Trois moyens généraux d'augmenter l'action du feu. — Chacun de ces moyens donne souvent des produits différens, 52. On peut augmenter l'action du feu en accélérant sa vîtesse, en augmentant son volume, & en augmentant sa masse & sa densité. Les instrumens du premier moyen sont tous les fourneaux où l'on se sert de ventilateurs, de soufflets, de trompes, de tuyaux d'aspiration, &c. les instrumens du second moyen, sont tous les fourneaux de réverbères; & ceux du troisième moyen, sont les miroirs ardens; chacun de ces moyens employés sur les mêmes matières donnent souvent des résultats très-différens, 52 *& suiv.* L'administration du feu doit se diviser en trois procédés généraux, le premier relatif à la vitesse, le second au volume, & le troisième à la masse de cet élément. — Les matières qu'on soumet à l'action du feu, doivent être divisées dans trois classes, celles qui perdent au feu de leur poids, celles qui au lieu de perdre du poids en acquièrent, & celles qui ne perdent

ni n'acquièrent rien, 54 *& suiv.* Le feu est réellement pesant comme toute autre matière, 56 *& suiv.* Matières avec lesquelles le feu a le plus d'affinité, *ibid.* Le feu se trouve comme l'air sous une forme fixe & concrète dans presque tous les corps, *ibid.* Matières indifférentes à l'action du feu, 59. C'est par la lumière que le feu se communique, & la chaleur seule ne peut produire le même effet que quand elle devient assez forte pour être lumineuse, 68.

FLAMME (la) n'est pas la partie du feu où l'intensité de la chaleur est la plus grande, 65. Sa principale propriété est de communiquer le feu, *ibid.* Il y a de la flamme dans toute incandescence, 66. Celle-ci n'obéit point à l'impulsion de l'air, 67.

FLUIDE. Le mercure seroit le plus fluide des corps si l'air ne l'étoit encore plus, 39. Tous les fluides, avec la même chaleur, quelque denses qu'ils soient, s'échauffent & se refroidissent plus promptement qu'aucun solide quelque léger qu'il soit, 170.

FLUIDITÉ. Toute fluidité a la chaleur pour cause, 38 *&* 39. La plus ou moins grande fluidité n'indique pas que les parties du fluide soient plus ou moins pesantes, mais seulement que leur adhérence est d'autant moindre, leur union d'autant moins intime & leur séparation d'autant plus aisée, 40 *& suiv.* Moyen facile d'estimer le degré de fluidité ou de fusibilité de chaque matière différente, 172.

FONTE *de fer.* Moyens de corriger à l'affinerie la mauvaise qualité de la fonte de fer, 35 1. La bonne fonte de fer est la base de tout bon fer, 353. Étant chauffée à un très-grand feu pendant long-temps, acquiert plus de dureté & de ténacité, 396. Elle acquiert aussi plus de pesanteur spécifique, *ibid.*

FORCE (la) qui produit la pesanteur & celle qui produit la chaleur, sont les deux seules forces de la Nature, 2 *& suiv.* Force attractive & force expansive; leur différence & la combinaison de leurs effets, 5 *& suiv.* Réduction des forces de la Nature & de la puissance de l'expansion à celle de l'attraction, 7. Force expansive, n'est point une force particulière opposée à la force attractive, mais un effet qui en dérive, & qui se manifeste toutes les fois que les corps se choquent ou se frottent les uns contre les autres, *ibid.* Force expansive, n'est que la réaction de la force attractive, 9. La force attractive & la force expansive, sont pour la Nature

deux instrumens de même espèce, ou plutôt ce n'est que le même instrument qu'elle manie dans deux sens opposés, 15.

FOURNEAUX. Le feu des fourneaux de verrerie, n'est qu'un feu foible en comparaison de celui des fourneaux à soufflets, 64. Description du fourneau pour courber des glaces avec l'explication des figures, 505 *& suiv.*

FOYERS. Dans les miroirs ardens, les grand foyers sont toujours beaucoup plus d'effet que les petits à égale intensité de lumière, 410. Évaluation & comparaison de leurs effets, 441 *& suiv.*

FUSIBILITÉ. Explication des causes de la fusibilité, 291.

FUSION (la) est en général une opération prompte qui a plus de rapport avec la vîtesse du feu que la calcination qui est presque toujours lente, 378.

G

GLACE. Phénomènes remarquables dans la congélation, 103.

GLACES *ou* MIROIRS (les) de verre bien polis ou bien étamés, réfléchissent plus puissamment la lumière que les miroirs de métal poli, 401.

GLAÇES *ou Miroirs plans*. Manière aisée de reconnoître si la surface de ces miroirs est parfaitement plane, 413.

GLOBE *terrestre*. L'intérieur du globe de la terre n'est qu'une matière de verre ou concret ou discret, 37.

GRÈS (le) chauffé au plus grand feu ne perd que très-peu de son poids, 167.

GUEULARD. C'est ainsi qu'on appelle l'ouverture du haut des grands fourneaux où l'on fond les mines de fer, 372.

GYPS *&* PLÂTRES (les) se calcinent à un moindre degré de chaleur que les pierres calcaires, 299. Ils ne suivent pas, comme les autres matières calcaires ou vitrescibles, l'ordre de la densité, pour le progrès de la chaleur, mais celui de la facilité à la calcination, ce qui revient à l'ordre de la fusibilité, *ibid.*

I

IMPÉNÉTRABILITÉ (l') ne doit pas être regardée comme une force, mais comme une résistance essentielle à la matière, 7 *& suiv.*

IMPULSION. La force d'impulsion est subordonnée à la force d'attraction, & en dépend comme un effet particulier dépend d'un effet général; preuve de cette assertion, 2 *& suiv.*

INCANDESCENCE. Toutes les

matières, lorsqu'elles sont dans un état d'incandescence, c'est-à-dire, lorsqu'elles sont blanches ou rouges de feu, sont alors environnées d'une flamme dense, qui ne s'étend qu'à une très-petite distance, & qui, pour ainsi dire, est attachée à leur surface, 67. Cette couleur blanche ou rouge qui sort de tous les corps en incandescence & vient frapper nos yeux, est l'évaporation de cette flamme dense qui environne le corps en se renouvelant incessamment à sa surface, *ibid.* Incandescence produite par la chaleur obscure, 385.

INFLEXION (l') de la lumière n'est qu'une réfraction qui s'opère dans le même milieu; elle est produite par l'attraction des corps, auprès desquels passe la lumière, 525.

INTENSITÉ *de lumière.* Cette intensité de la lumière de chaque objet, est un élément que les Auteurs qui ont écrit sur l'Optique, n'ont point employé, & qui néanmoins fait plus que l'augmentation de l'angle sous lequel un objet doit nous paroître, en vertu de la courbure des verres, 434.

L

LENTILLES *de verre solide,* 497. Grandeur & proportion qu'on doit donner aux lentilles, pour qu'elles puissent brûler le plus avantageusement, 500 *& suiv.* Inconvéniens qui résultent de l'épaisseur des lentilles ordinaires. La partie du milieu de la lentille ne fait presque aucun effet, 501.

LENTILLE *à échelons,* est le miroir par réfraction le plus parfait qu'on puisse faire. Son invention & sa description, avec le calcul de ses effets, 502 *& suiv.* Comparaison des effets de cette lentille à échelons, avec l'effet des lentilles ordinaires, 504. Sa construction & sa description, 515 & 516.

LIGNE brûlante à l'infini ou à l'indéfini, n'est pas une rêverie comme l'a dit *Descartes*, 431 *& suiv.*

LIMAILLE (la) de fer mêlée avec de l'eau, devient une masse solide difficile à casser, 367.

LUMIÈRE. Toute matière peut devenir lumière, chaleur & feu, 11. Preuve de cette assertion, *ibid. & suiv.* Elle conserve toutes les qualités essentielles, & même la plupart des attributs de la matière commune, *ibid.* Quoique composée de parties presque infiniment petites, est encore réellement divisible, 12. Est pesante comme toute autre matière. — Sa substance n'est pas simple.—Elle est composée de parties de différentes pesanteurs, *ibid.* Elle est massive &

agit dans quelques cas, comme agissent tous les autres corps, elle les pousse & déplace au foyer du miroir ardent, 14 *& suiv.* La lumière est mixte, & composée comme la matière commune de parties plus grosses & plus petites, & différemment figurées, *ibid.* Les atomes qui composent la lumière ont plusieurs faces & plusieurs angles, 15. La lumière peut se convertir en toute autre matière, 17. La lumière paroît exister souvent sans chaleur, 19. Expériences à faire, pour reconnoître si les rayons rouges ne sont pas plus chauds que les autres rayons, & en général pour reconnoître la proportion de chaleur des différens rayons qui composent la lumière, 30, *Note.* La lumière s'incorpore, s'amortit & s'éteint dans tous les corps qui ne la réfléchissent pas, ou qui ne la laissent pas passer librement, 31. Elle paroît n'avoir pas besoin d'alimens, tandis que le feu ne peut subsister qu'en absorbant de l'air, 37 & 38. C'est par la lumière que le feu se communique, 68. Expérience qui paroît démontrer que la lumière a plus d'affinité avec les substances combustibles, qu'avec toutes les autres matières, 93, *Note.* La lumière ne perd qu'environ moitié de sa chaleur par une glace bien étamée & bien polie, 401. Elle ne perd presque rien de sa force par l'épaisseur de l'air qu'elle traverse, 402. Expérience de la perte de la lumière d'une bougie, comparée à la perte de la lumière du Soleil, *ibid.* Diminution de la lumière en traversant différentes épaisseurs du même verre, & les mêmes épaisseurs de différens verres; expériences à ce sujet, 469.

LUNE. Il se peut que la Lune, quoique fort lumineuse, nous envoie plutôt du froid que de la chaleur, 489.

LUNETTES. Pour observer avec le plus grand avantage possible, il faudroit pour chaque planète une lunette différente, & proportionnée à leur intensité de lumière, 434 *& suiv.* Les lunettes avec de très-grands objectifs, seroient fort avantageuses pour observer les planètes & autres astres qui n'ont que peu de lumière, 474. Construction & avantages des lunettes solaires, *ibid.*

LUNETTES *achromatiques*, dans lesquelles on compense la différente réfrangibilité des rayons de la lumière par des verres de différentes densités. Moyens de les perfectionner, 430 *& suiv.*

LUNETTES *de jour*, sans aucun verre, 482.

LUNETTES *maſſives.* — Lunettes à l'eau, &c. 467 *& ſuiv.*

LUNETTES *de nuit,* 476 *& ſuiv.*

LUNETTES pour chaque planète, *ibid.*

LUNETTES pour le Soleil, *ibid.*

M

MÂCHEFER. Lorſqu'on broye le mâchefer, il fournit une certaine quantité de fer ou de ſablon ferrugineux, tout ſemblable à celui de la platine, 307. Le charbon & le bois brûlé en grande quantité produiſent du mâchefer; preuve de cette aſſertion, 347 *& ſuiv.* Celui qu'on trouve dans les forêts; ſon origine, *ibid.*

MAGNÉTISME *du fer* (le) ſuppoſe l'action précédente du feu, 367.

MATIÈRE *brute* & matière vive, leur différence, 4. Toutes les parties conſtitutives de la matière ſont à reſſort parfait, 8. Comment toute matière peut devenir lumière, chaleur & feu; explication de cette grande opération de la Nature, 15 *& ſuiv.*

MATIÈRES *calcaires* (les) ſuivent dans leur refroidiſſement l'ordre de la denſité, raiſon de cet effet, 298. Elles peuvent ſe réduire en verre au foyer d'un bon miroir ardent. — Le terme de leur fuſibilité eſt encore plus éloigné que celui des matières vitreſcibles, *ibid. & ſuivantes.*

MATIÈRES *vitrifiables* (les) forment le noyau des plus hautes montagnes, 123.

MERCURE. On pourroit geler & figer le mercure à un bien moindre degré de froid, ſi on le ſublimoit en vapeurs dans un air très-froid, 104 *&* 462. Dans le mercure, qui eſt onze mille fois plus denſe que l'air, il ne faut, pour refroidir les corps qu'on y plonge, qu'environ neuf fois autant de temps de ce qu'il en faut pour produire le même effet dans l'air, 159.

MÉTAUX. Explication ſimple de leur réduction ou revivification, 74. L'ordre des ſix métaux, ſuivant leur denſité eſt, étain, fer, cuivre, argent, plomb, or; & l'ordre dans lequel ces métaux reçoivent & perdent la chaleur eſt, étain, plomb, argent, or, cuivre, fer. — Ce n'eſt point dans l'ordre de leur denſité, mais dans celui de leur fuſibilité que les métaux reçoivent & perdent la chaleur, 288 *& ſuiv.*

MÉTAUX, *demi-métaux* ou ſubſtances métalliques; l'ordre de leur denſité eſt, éméril, zinc, antimoine, biſmuth; & celui dans lequel ils perdent

& reçoivent la chaleur est, antimoine, bismuth, zinc, émeril, ce qui ne suit pas l'ordre de leur densité, mais plutôt celui de leur fusibilité, 293.

MINÉRAUX. L'air & le feu entrent dans la composition des minéraux; preuve de cette assertion, 110 *& suiv.* Point de vue auquel on doit s'élever pour se former une idée juste de la formation des minéraux, 122 *& suiv.* Établissement d'une théorie générale sur la formation des minéraux, 124 *& suiv.*

MINES *de fer.* Expériences sur la mine de fer, faites au plus grand feu de réverbère, 64 *& suiv.* Il y a des mines de fer formées par le feu, les autres par l'eau, 125. Celles qui sont en grain ne sont point attirables par l'aimant. — Celles qui sont en roches ou en grandes masses solides, sont presque toutes magnétiques; raison de cette idfférence, 306 *& suiv.* Les mines de fer des pays du nord sont assez magnétiques pour qu'on les cherche à la boussole, 307. Composition originaire des mines de fer en grain, 367.

MIROIR *ardent pour brûler au loin.* Sa description & sa construction, 412 *& suiv.* On a enflammé du bois jusqu'à deux cents pieds de distance, & il seroit très-possible de porter le feu du Soleil encore plus loin avec ce miroir, 417. On a fondu tous les métaux & minéraux métalliques à vingt-cinq, trente & quarante pieds de distance, *ibid.* Estimation de sa puissance & limites de ses effets, 421 *& suiv.* En quoi consiste essentiellement la théorie de ce miroir, 436 *& suiv.* Moyens & précautions pour rendre ce miroir encore plus parfait & en augmenter considérablement les effets, 450. Proportion de la grandeur des miroirs, suivant les différentes distances auxquelles on veut brûler, *ibid.*

MIROIR *du port d'Alexandrie,* dont les Anciens ont fait mention & par le moyen duquel on voyoit de très-loin les vaisseaux en mer, n'est point du tout impossible, 478 *& suiv.*

MIROIR *courbé* par la pression de l'atmosphère. Sa construction & sa description, 511 *& 512.*

MIROIRS *ardens.* Le feu produit par de bons miroirs ardens, est le plus violent de tous les feux, 64. Pourquoi des miroirs plans plus grands ou plus petits, forment, à une certaine distance, des images également grandes & qui ne diffèrent que par l'intensité de la lumière, 405.

MIROIRS *ardens,* soit par réflexion, soit par réfraction, font un effet toujours égal à quelque distance du

Soleil qu'on puisse supposer. Par exemple, un miroir qui peut brûler du bois à cent cinquante pieds de distance sur le globe de la terre, brûleroit de même à cent cinquante pieds, & avec autant de force, du bois sur la planète de Saturne, 434.

MIROIRS *d'Archimède* (les) peuvent servir très-utilement pour l'évaporation des eaux salées, 453. Attentions nécessaires pour procurer cet effet avec le plus grand avantage, 454. Ils peuvent servir utilement pour calciner les plâtres, les matières gypseuses, &c. 455. On peut par leur moyen recueillir les parties volatiles de l'or & de l'argent, & des autres métaux & minéraux, 460. Ce moyen paroît être le seul que nous ayons pour volatiliser les métaux fixes, tels que l'or & l'argent, 461. Représentation & description de ce miroir, 507 *&* *suiv.*

MIROIRS *concaves*, faits par des glaces courbées, 487. Leur usage, 489. Manière de produire une chaleur immense à leur foyer en les réunissant, 490.

MIROIRS *courbés* (les) de quelque espèce qu'ils soient, ne peuvent être employés avec avantage pour brûler de loin, 406. Le miroir le plus parfait n'aura jamais l'avantage que de dix-sept à dix sur un assemblage de miroirs plans, dès qu'il faudra brûler à une distance où le disque du Soleil sera égal à la grandeur du miroir plan, 438.

MIROIRS *courbés* par le moyen d'une vis au centre, 483. Construction & description de ces miroirs, 510 *&* 511.

MIROIRS *courbés* par le moyen d'une pompe, 484. Et miroir très-singulier que le Soleil rend courbe & brûlant au moment qu'il y est exposé, *ibid.* Leur construction & leur description 512 *&* *suiv.*

MIROIRS *d'une seule pièce*, à foyer mobile pour brûler à de médiocres distances; construction & usage de cette espèce de miroirs, 483 *&* *suiv.* Ils peuvent servir à mesurer plus exactement que par aucun autre moyen, la différence des effets de la chaleur du Soleil reçue dans des foyers plus ou moins grands, 485. Autres miroirs d'une seule pièce pour brûler très-vivement à des distances médiocres & à de petites distances, 486. Construction d'un fourneau pour courber des glaces, *ibid.*

MIROIRS *à l'eau* ou *Lentilles.* Manière de les construire, 490. Précautions nécessaires pour les faire réussir, 491. Difficulté de les traiter, *ibid.*

Inconvénient qui résulte de la différente réfrangibilité du verre & de l'eau, 492. Étant composés d'un grand nombre de glaces planes, feroient presque autant d'effet que les glaces courbées, & feroient d'une exécution plus facile & d'une moindre dépense, 495. Leur construction & description, 514 & 515.

MOUVEMENT (le) appartient dans tous les cas, encore plus à l'attraction qu'à l'impulsion, 7.

N

NATURE (la) peut produire par le moyen de l'eau, tout ce que nos Arts produisent par le moyen du feu, 116. Elle ne se dépouille jamais de ses propriétés en faveur d'une autre d'une manière absolue, c'est-à-dire, de façon que la première n'influe en rien sur la seconde, 289.

NEWTON. Correction à faire d'un passage de Newton, au sujet du progrès de la chaleur, 153 *& suiv.*

NITRE (le) doit son origine aux matières animales ou végétales, 49. Contient une prodigieuse quantité d'air & de feu fixes. — Explication de sa combustion, *ibid. & suiv.*

O

OBJETS. Moyens d'apercevoir sans lunettes les objets de très-loin, 479.

OMBRES. Découverte des ombres colorées, 517 *& suiv.* Ombres colorées au lever & au coucher du Soleil. — Les ombres au lieu d'être noires, sont alors d'un bleu plus ou moins vif, & quelquefois verdâtres. — Ombres colorées à midi & à d'autres heures du jour, à de certaines inclinaisons de la lumière, 536 *& suiv.* Explication de ce phénomène, 538.

OR (l') qui est deux fois & demi plus dense que le fer, perd néanmoins sa chaleur un demi-tiers plus vîte, 289. Étant fondu avec un quart de fer, prend la couleur grise de la platine, 309. Cet or mêlé de fer, est plus dur, plus aigre & spécifiquement moins pesant que l'or pur, *ibid.* Les paillettes d'or que les Arpailleurs ramassent dans les sables, ne sont pas de l'or pur, il s'en faut souvent plus de deux ou trois karats sur vingt-quatre, 311. Un morceau d'or pesant soixante grains, avec lequel on avoit mêlé, par la fonte, six grains de fer, c'est-à-dire, un onzième étoit attirable à l'aimant, 312.

P

PERPENDICULARITÉ (la) de la tige des arbres & des plantes, a pour cause principale les émanations constantes

constantes de la chaleur propre du globe de la Terre, 35.

PHLOGISTIQUE (le) des Chimistes n'est qu'un être de méthode & non pas de la Nature, 44. Ce n'est point un principe simple, mais un composé d'air & de feu fixés dans les corps; preuves de cette assertion, *ibid. & suiv.*

PHOSPHORE *artificiel*, sa combustibilité plus grande que celle d'aucune autre matière. — Il s'enflamme de lui-même sans communication d'aucune matière ignée, sans frottement, sans autre addition que celle du contact de l'air. — Le feu est contenu dans le phosphore dans un état moyen entre la fixité & la volatilité. — Il contient en effet cet élément sous une forme obscure & condensée, 50 & 51.

PIERRES *calcaires* (les) perdent au feu près de la moitié de leur poids par la calcination, 105. Elles ne sont en très-grande partie que de l'eau & de l'air contenu dans l'eau, transformés par le filtre animal en matière solide, 106. Les pierres augmentent de pesanteur par la longue application de la chaleur, 389 *& suiv.* La dureté que les pierres calcaires peuvent acquérir par la longue application de la chaleur n'est pas durable, elles perdent cette dureté acquise au bout de quelque temps, 394. Elles perdent de même leur pesanteur acquise, *ibid.*

PLATINE. Minéral nouveau, sa description, 301. Elle exige plus de chaleur pour se fondre que la mine ou la limaille de fer, *ibid.* N'ayant ni fusibilité ni ductilité, elle ne doit pas être mise au nombre des métaux, dont les propriétés essentielles sont la fusibilité & la ductilité, 302. La platine est un mélange ou un alliage de fer & d'or formé par la Nature, 303. Il y a beaucoup de fer dans ce minéral, & ce fer n'y est pas simplement mêlé, mais incorporé de la manière la plus intime, *ibid.* On peut en enlever six septièmes du total par l'aimant, *ibid.* Sa composition & son mélange, 304. Le fer qui est uni à la platine & même celui qui n'y est que mélangé, est dans un état différent de celui du fer ordinaire, 105. Ce minéral est très-aigre, ce qui auroit dû faire soupçonner que ce n'est point un métal, mais un alliage, 309 *& suiv.* La pesanteur spécifique de la platine n'est pas à beaucoup près aussi grande que celle de l'or. — Diverses expériences à ce sujet, desquelles il résulte que la pesanteur spécifique de la platine est d'un

douzième moindre que celle de l'or, *ibid. & suiv.* Expériences de M. le comte de Milly sur la platine, 314 *& suiv.* Il y a des espèces de platine qui sont mélangées de parties cristallines comme de petits rubis, de petites topases, &c. & il y a d'autres espèces de platine qui ne contiennent rien de semblable, 322. Elle contient des grains hémisphériques qui paroissent indiquer qu'elle est le produit du feu, 323. La mine de platine, même la plus pure, qui ne contient point de parties cristallines, est souvent mélangée de quelques paillettes d'or, *ibid.* L'or & le fer dont est composée la platine y sont unis d'une manière plus étroite & plus intime que dans l'alliage ordinaire de ces deux métaux, & le fer qui est incorporé à la platine, est du fer dans un état différent de l'état du fer ordinaire, 326. Expériences de M. de Morveau sur ce minéral, 328 *& suiv.* On peut espérer de fondre la platine sans addition dans nos meilleurs fourneaux en lui appliquant le feu plusieurs fois de suite, parce que les meilleurs creusets ne pourroient résister à l'action d'un feu aussi violent pendant tout le temps qu'exigeroit l'opération complète, 337. En la fondant sans addition elle paroît se purger elle-même des matières vitrescibles qu'elle renferme, car il s'élance à sa surface des jets de verre assez considérables, *ibid.* On peut faire le bleu de Prusse avec la platine, ce qui prouve qu'elle est intimément mêlée de fer, & que le plus grand feu ni la coupellation ne peuvent détruire ce fer dont elle est intimément pénétrée; car après la fusion on retrouve en rebroyant le bouton, qu'elle contient encore des parties ferrugineuses & magnétiques, 337 & 338. La platine fondue sans addition reprend lorsqu'on la broie, précisément la même forme des galets arrondis & aplatis qu'elle avoit avant la fusion, *ibid.*

PLOMB (le) s'échauffe plus vîte & se refroidit en moins de temps que le fer, 175.

POUMONS (les) sont les soufflets de la machine animale, ils entretiennent & augmentent le feu qui nous anime, selon qu'ils sont plus ou moins puissans, & que leur mouvement est plus ou moins prompt, 86.

PUISSANCES (les) de la Nature réduites aux deux forces attractive & expansive, 1 & 5.

PYRITES *martiales*, leur origine & pourquoi on les trouve en si grande quantité à la surface de la Terre, 368.

Q

QUALITÉ *Physique*, c'est-à-dire, qualité réelle dans la Nature, ne peut avoir qu'une mesure, & par conséquent ne peut être représentée que par un terme, 133. Démonstration de cette vérité, *ibid. & suiv.*

R

RÉDUCTION *des métaux* (la) n'est pas plus difficile à entendre que la précipitation, 74. Elle n'est dans le réel qu'une seconde combustion par laquelle on dégage les parties d'air & de feu fixes que la calcination avoit forcées d'entrer dans le métal & de s'unir à sa substance fixe à laquelle on rend en même temps les parties volatiles & combustibles que la première action du feu lui avoit enlevées, 96.

RÉFLEXION *de la lumière.* Il n'est pas certain, comme l'a dit Newton, que les rayons les plus réfrangibles soient en même temps les plus réflexibles. Discussion à ce sujet, *note,* 525 *&* 526.

REFROIDISSEMENT. Le temps du refroidissement des corps est en raison de leur diamètre, 26. Deux points à saisir dans le refroidissement des corps; le premier, lorsqu'on commence à pouvoir les toucher sans se brûler; & le second, lorsqu'ils sont refroidis à la température actuelle, 147. Le refroidissement du globe de la Terre, depuis l'état d'incandescence jusqu'au point de pouvoir le toucher sans se brûler, ne s'est fait qu'en quarante-deux mille neuf cents soixante-quatre ans, & son refroidissement jusqu'à la température actuelle, ne s'est fait qu'en quatre-vingt-seize mille six cents soixante-dix ans, en supposant le globe principalement composé de fer & de matières ferrugineuses, 157 *&* 158. La principale cause du refroidissement n'est pas le contact du milieu ambiant, mais la force expansive qui anime les parties de la chaleur & du feu, 159. Comparaison du temps du refroidissement des globes de glaise & de grès avec celui du refroidissement des globes de fer, 166 *& suiv.* Comparaison du temps du refroidissement du marbre, de la pierre, du plomb & de l'étain avec celui du refroidissement du fer, 169. Rapports du refroidissement des différentes substances minérales constaté par un grand nombre d'expériences, 177 *& suivantes.*

RÉPULSION. Changement d'attraction en répulsion, comment il s'opère, 8.

RESSORT (le) est le seul moyen

par lequel la force d'impulsion & le mouvement puissent se communiquer, 2. Le ressort dépend de la force d'attraction ; preuves de cette assertion, *ibid. & suiv.*

RUSTINE. C'est ainsi qu'on appelle le côté du creuset qui est exposé à l'ouverture par où l'on coule la fonte dans les fourneaux de forges, 373.

S

SABLON *ferrugineux* (le) qui se trouve dans la platine, est indissoluble, presque infusible & inaccessible à la rouille, 305. Ce sablon est néanmoins du vrai fer, du fer pur, du fer dépouillé de toutes les parties combustibles, salines & terreuses qui se trouvent dans le fer ordinaire, & même dans l'acier, 305. Il n'appartient pas exclusivement à la platine, il se trouve en beaucoup d'endroits, & provient du mâchefer, *ibid. & suivantes.*

SAVEUR (la) piquante des acides provient de l'élément du feu, 112.

SELS. Leur différence avec le soufre, & leur composition, 47 *& suiv.* Ils doivent être regardés comme les substances moyennes entre la terre & l'eau, 111. L'air entre comme principe dans la composition de tous les sels, *ibid.*

SENS. Nos sens sont meilleurs juges que les instrumens de tout ce qui est absolument égal ou parfaitement semblable, 147.

SENSATIONS. Une sensation vive est toujours plus précise qu'une sensation tempérée, attendu que la première nous affecte d'une manière plus forte, 148.

SOLEIL. La lumière du Soleil est l'évaporation de la flamme dense qui environne ce vaste corps en incandescence, 67. Cette lumière du Soleil produit, lorsqu'on la condense, les mêmes effets que la flamme la plus vive, elle communique le feu avec autant de promptitude & d'énergie, elle résiste à l'impulsion de l'air, suit toujours une route directe ; on doit la regarder comme une vraie flamme, plus pure & plus dense que toutes les flammes de nos matières combustibles, 68. La plupart des taches que les Astronomes ont observées sur le disque du Soleil, leur ont paru fixes, mais il se pourroit aussi qu'il y eût des taches flottantes à la surface de cet astre, 175.

SOLIDITÉ. Différentes acceptions du mot *solidité,* 170. Solidité considérée comme opposée à la fluidité, 171.

SOUFRE. Sa composition & sa production, 47 *&* 48. Le soufre est

de la même nature que les autres matières combustibles, & tire de même son origine du détriment des animaux & des végétaux, 171. Il altère, dissout & même décompose le fer & le dénature, car si l'on présente une verge de fer bien rouge à une bille de soufre, le fer qui coule dans l'instant en grenaille n'est plus du fer, ni même de la fonte, mais une espèce de pyrite martiale qui n'est bonne à rien, 368. Le soufre entre en fusion par une chaleur d'environ 90 degrés (division de Reaumur), 389.

T

TÔLE (la) doit être faite avec le meilleur fer.—Défauts dans la fabrication ordinaire de la tôle, & manière de la fabriquer pour la rendre plus parfaite & plus durable, 360 *& suiv.*

TERRE. L'élément de la Terre peut se convertir dans les autres élémens, 119. Élément de la terre, ce sont les matières vitrifiables dont la masse est mille & cent mille fois plus considérable que celle de toutes les autres substances terrestres, qu'on doit regarder comme le vrai fonds de cet élément, 121.

TERRE *vitrescible* (la) est la vraie terre élémentaire qui sert de base à toutes les autres substances, & en constitue les parties fixes, 108.

THERMOMÈTRE *réel,* c'est-à-dire, thermomètre dont les degrés pourroient marquer les augmentations réelles de la chaleur, ne peut être construit que par le moyen des miroirs d'Archimède, 419. Explication détaillée de la construction de ce thermomètre, 458 *& suiv.*

TRANSPARENCE. Cause de la transparence; le poliment dans les corps opaques peut être regardé comme le premier degré de la transparence, 527 *& suiv.*

TUYÈRE. Pièce de cuivre ou de fer qui sert à diriger le vent dans l'intérieur des fourneaux de forges, 372.

TYMPE. C'est ainsi qu'on appelle une pièce de fer ou de pierre qu'on pose sur le creuset du côté de l'ouverture par où l'on coule la matière dans les grands fourneaux à fondre la mine de fer, 370.

V

VAISSEAUX. Moyen fort aisé par lequel on pourroit voir à l'œil simple sans lunettes, les Vaisseaux sur la mer d'aussi loin que la courbure de la Terre le permet, c'est-à-dire, à sept ou huit lieues, 479. Ce moyen consiste à supprimer l'effet de la lumière intermédiaire, *ibid.*

VÉGÉTAL (le) convertit réellement en sa substance une grande quantité d'air, & une quantité encore plus grande d'eau; la Terre fixe qu'il s'approprie & qui sert de base à ces deux élémens, est en si petite quantité, qu'elle ne fait pas la centième partie de sa masse, 109. Le filtre végétal ne peut produire qu'une petite quantité de pierres, tandis que le filtre animal en produit une immense quantité, 108 *&* 109.

VÉGÉTAUX (les) ont un degré de chaleur propre; expérience qui le prouve, 82 *& suiv.*

VERRE (le) est le terme ultérieur auquel on peut réduire, par le feu, toutes les substances terrestres. — Il est la base de ces mêmes substances, 108. Il est la substance la plus ancienne de la Terre, 121. Le verre fait ressort, & peut plier jusqu'à un certain point sans rompre. Une glace de deux ou trois lignes d'épaisseur peut plier d'environ un pouce par pied, 483.

VERRE d'une très-grande transparence, 497 *& suiv.* Comparaison de la transparence de ce verre avec la transparence des glaces de Saint-Gobin, 498. Composition de ce verre, *ibid.* Difficulté de fondre le verre en grande masse épaisse, 499 *& suiv.*

VERGE *de fer crénelée.* Sa fabrication & son usage, 353.

VÎTESSE *de la lumière* (la) est la plus grande qui nous soit connue, car la lumière fait 20 mille lieues en une seconde, 16 *& suiv.*

VÎTESSE *des planètes & des comètes,* (la) est aussi très-grande, 16 *&* 17.

VITRESCIBLE. Matières vitrescibles suivent dans leur refroidissement l'ordre de la densité, 296.

VITRIFIABLE. Matières vitrifiables; origine & gradation du gissement & de la formation des matières vitrifiables, 123.

FIN de la Table des Matières.

Fautes à corriger.

Page 43, ligne 10, quantité; *lisez* qualité.

Page 94, lignes 8, 9, 10, 11 & 12, la somme de cette chaleur prise pendant l'année entière & pendant grand nombre d'années de suite, est trois cents ou quatre cents fois plus grande que la somme de la chaleur qui nous vient du Soleil pendant le même temps; *lisez*, que cette chaleur observée pendant un grand nombre d'années de suite, est trois ou quatre cents fois plus grande en hiver, & vingt-neuf fois plus grande en été dans notre climat que la chaleur qui nous vient du Soleil.

Page 94, ligne 24, contient; *lisez* contiendroit.

Page 103, ligne 27, perd son volume; *lisez* perd de son volume.

Page 136, ligne 22, la traduisant; *lisez* les traduisant.

Pages 354 & 355, lignes 16 & 3, riblous; *lisez* riblons.

Page 367, ligne 11, sensibles; *lisez* insensibles.

00057371

Digitized with financial assistance from
Observer Research Foundation
on 17 May, 2019